



ПРИРОДА МИРА

КАРСТ

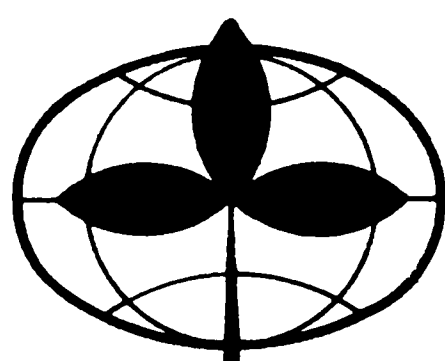
Н.А. Гвоздецкий



Н.А. Гвоздецкий

КАРСТ





**ПРИРОДА
МИРА**



Н.А. Гвоздецкий

КАРСТ



МОСКВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МЫСЛЬ» 1981

551.0
Г25

РЕДАКЦИИ
ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Рецензенты: В. Н. ДУБЛЯНСКИЙ
(доктор геолого-минералогических наук)
и З. К. ТИНТИЛОЗОВ (доктор географических наук)

Оформление Л. Ф. ШКАНОВА

ПРЕДИСЛОВИЕ

Карстовые явления распространены чрезвычайно широко. По геологическим условиям примерно третья часть площади суши земного шара имеет потенциальные возможности для их развития. Вместе с тем карст существенно влияет на ландшафтные особенности территории, ее рельеф, сток, подземные воды, реки и озера, почвенно-растительный покров, хозяйственную деятельность населения. В карстовых областях находятся богато украшенные природой сказочные подземные дворцы-пещеры, служащие объектами посещения не только спелеологов, но и многочисленных туристов из многих стран мира.

Проблемами изучения карста и его распространением интересуются геологи, гидрогеологи, геоморфологи, гидрологи, физико-географы ландшафтоведы, инженеры-проектировщики и строители, многие специалисты других областей знания (минералоги, палеонтологи, археологи, историки и пр.), находящие в карстовых пещерах уникальные объекты для своих исследований, а также спелеологи-спортсмены.

В книге дается характеристика карстовых явлений земного шара — их распространения и условий развития, особенностей поверхностных и подземных карстовых форм, связанных с карстом гидрологических явлений; показываются характерные черты ландшафтов в районах распространения карста, роль карста в народном хозяйстве. Значительное внимание уделяется наиболее интересным карстовым пещерам.

При написании книги помимо многочисленных литературных источников автор пользовался данными личных исследований карстовых областей СССР — Кавказа, Крыма, Гиссаро-Алайской горной системы и Памира, Западного, Внутреннего и Центрального Тянь-Шаня, Мангышлака и западного края плато Устюрт, центральных и отчасти восточных областей Русской равнины, окрестностей оз. Баскунчак, Алтая, Приангарья. Использованы им также и материалы

собственных наблюдений во многих зарубежных странах: Швеции (на о. Готланде), Северной Норвегии, Венгрии, Чехословакии, Югославии, Болгарии, Польше, а также на Кубе, где автором совместно с кубинскими коллегами проводились не только маршрутные, но и площадные исследования тропического карста (на возвышенности Сьерра-де-Камаронес).

Описание объектов по личным впечатлениям и наблюдениям автора в некоторых случаях (особенно когда по этим материалам еще не было публикаций) дано более полно и конкретно, как бы крупным планом. Естественно, что в сравнении с зарубежными странами карст СССР охарактеризован полнее и детальнее.

Автором уже опубликованы две монографии о карсте: "Карст", вышедшая двумя изданиями (1950, 1954) и "Проблемы изучения карста и практика" (1972). Обе они посвящены в основном вопросам общего карстоведения и имеют лишь по одной главе, где содержится глобальный обзор распространения карста и его особенностей. Эта же тема отражена и в двух специальных статьях (Гвоздецкий, 1967б, 1969). Дополнением к ним служит статья о карбонатном карсте (Карст в карбонатных породах, 1972).

За рубежом глобальный обзор распространения карста дан в статье Г.П. Козака (Kosack, 1952), материал которой использован в нашем обзоре (1954). Сравнительно недавно за рубежом издана (с участием автора по территории СССР) капитальная сводка о карсте земного шара (Karst. Important Karst Regions of the Northern Hemisphere, 1972), но она охватывает лишь северное полушарие, и характеристика карста в ней дается только по 13 странам. Вот почему настоящую книгу можно считать первым справочным изданием по карсту, впервые в мире обобщающим региональный карстоведческий материал в глобальном аспекте.

Названные выше две монографии и статьи автора снабжены обширными

списками литературы. Поэтому в данной книге ссылки приводятся преимущественно на основные литературные источники и на некоторые новые работы, которые в предыдущих обзорах не могли быть указаны. Многие советские тематические сборники по карсту, а также труды международных спелеологических конгрессов приведены в списке литературы целиком, и содержащиеся в них статьи отдельно не указываются. В таких случаях при ссылке в тексте дается название сборника, фамилия автора нужной статьи и его инициалы. Сведения о глубине карстовых полостей и суммарной длине пещер проверены по глобальной сводке (Chabert, Courbon, 1977), которая взята также за основу при составлении таблиц глубочайших карстовых полостей и крупнейших пещер (табл. 2 и прилож. № 2), разумеется за исключением тех случаев, когда мы располагали новыми данными.

За длительный период исследовательской деятельности по проблемам карста у автора, естественно, выработалась собственная система взглядов по вопросам общего карстоведения и карстоведческой терминологии. Она изложена в предыдущих монографиях и известна специалистам. Однако настоящая книга рассчитана не только на карстоведов, географов, геологов, но и на широкие круги читателей. Целесообразно поэтому предпослать региональному обзору краткое резюме представлений по некоторым вопросам общего карстоведения, что позволит при дальнейшем изложении не останавливаться на пояснении понятий и терминов, относящихся к морфологии карста, его типологии и т. д.

Автор благодарит доктора геолого-минералогических наук В. Н. Дублянского и доктора географических наук З. К. Тинтилозова за ценные замечания, сделанные при просмотре рукописи.

Глава I О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ОБЩЕГО КАРСТОВЕДЕНИЯ

Как известно, термин "карст" происходит от австрийского названия плато Карст (Karst) в Югославии (в Словении), где соответствующие явления типично выражены и где их давно начали изучать европейские исследователи. На местном, словенском, наречии плато называется Крас (Kras), причем это местное название вытеснило с географических карт австрийское. И в Словении, а также и в Чехословакии эти явления называют "крас" (на других югославских наречиях — "краж", "крш"). Однако термин "карст" прочно укоренился в научной литературе почти всех стран мира, в том числе и нашей страны.

Карстовые явления развиваются в растворимых природными водами горных породах, из которых наиболее широко по поверхности Земли распространены известняки. Французский исследователь карста, в особенности карстовых пещер, пропастей и естественных шахт, Э. Мартель (Martel, 1894, с. 433) предлагал называть карстовые явления "явлениями в известняках", что нашло отражение в работах А. А. Крубера и И. С. Щукина. Известный французский географ Э. Мартонн в геоморфологическом томе "Основ физической географии" главу о карстовом рельефе назвал "Известняковый рельеф". Монография о карсте сербского географа Й. Цвийича названа "География известняковых земель" (Cvijić, 1960). Этот выдающийся исследователь карстовых явлений писал о карсте в гипсах как о "псевдокарсте".

В сравнительно новом зарубежном международном издании "Геоморфологическая энциклопедия" (The Encyclopedia of Geomorphology, 1968) автор статьи о карсте английская исследовательница М. Свитинг из шести больших страниц текста только восемь строк одного столбца посвятила неизвестняковому карсту, упомянув при этом карст в гипсах и соли.

Однако карст в гипсах, ангидритах, каменной соли, а также в доломитах и пр. распространен весьма широко, хотя и уступает карсту

в известняках. В гипсах, ангидритах и солях карст интенсивно и быстро развивается, что важно учитывать при изысканиях для разного рода строительства, добыче каменной соли и т. д. Самые крупные пещеры в СССР, соперничающие по размерам с зарубежными, с суммарной длиной проходов свыше 100 километров (Оптимистическая и Озерная в Подолии) образованы в гипсах. Нецелесообразно поэтому исключать из понятия "карст" явления, развитые в известняковых растворимых горных породах, и тем самым принижать значение их изучения.

К карстовым следует относить явления, развивающиеся во всех растворимых природными водами горных породах: в известняке, доломите и переходных между ними разностях карбонатных пород, мелу и иногда в мелоподобном мергеле, мраморе, а также в гипсе, ангидрите, каменной соли, калийных, калийно-магниевых и других соляных породах. В основе их возникновения лежит химический процесс *растворения* горной породы и геологический процесс ее *выщелачивания*, т. е. растворения с удалением (выносом) растворенного вещества.

В конце прошлого века немецкий исследователь Р. Зигер обратил внимание на сходство с карстом явлений на ледниках (трещинные колодцы, воронки, особенно там, где лед прикрыт мореной, ледяные гроты, тоннели с реками подо льдом). Он писал о карстовых формах в ледниках. Э. Мартель в трактате о подземных водах (Martel, 1921) в одной и той же главе рассматривал подземные воды в гипсе, соли и во льду. М. М. Ермаков в результате исследования островов Советской Арктики предложил в 1932 г. ввести в научный обиход термин "термокарст", получивший широкое распространение в мерзловедческой литературе. На основании внешнего сходства с карстовыми явлениями разные исследователи стали писать о карсте в лёссе, глинистом карсте и т. д.

Показательны в этом отношении материалы карстовой конференции 1947 г., состоявшейся в Перми (Тезисы..., 1947). В программном докладе ее организатора Г. А. Максимовича и в резолюции конференции (Карстование, 1948) говорилось о термокарсте, кластокарсте, развивающемся в кластических горных породах — глинах, лёссе и т. д. Однако все эти явления — так называемый карст в ледниках и в вечномерзлых грунтах, содержащих лед (термокарст), глинистый карст, карст в лёссах и т. д. — только внешне напоминают карстовые. Процессы же их возникновения совершенно иные и не связаны с растворением и выщелачиванием горных пород (таяние льда в первом случае, механическое по преимуществу, действие воды — во втором). Между тем научная классификация должна основываться на генезисе, сущности, природе явлений, а не на внешнем, формальном, в буквальном значении этого слова, сходстве. Поэтому на той же карстовой конференции в Перми автор книги в специальном докладе "Карст, псевдокарст и суффозия" доказывал, что карстовые явления только те, в основе которых находится химический процесс растворения горных пород.

Такое представление в советском карстоведении теперь является общепринятым. Однако у западноевропейских исследователей, по-видимому, еще нет ясности в этом вопросе. Примером тому служит упоминавшаяся статья М. Свитинг в Геоморфологической энциклопедии, где в маленьком разделе о неизвестняковом карсте кроме карста в гипсах и соли названы еще термокарст и карст в вулканических отложениях. Если по поводу последнего еще в какой-то мере можно дискутировать, то относить к карстовым явлениям термокарст принципиально неверно.

Возникает один важный вопрос: с чем связывать термин "карст" — с явлениями ли, которые наблюдаются на поверхности Земли и в земной коре, или с процессом их возникновения? Большинство географов писало о карсте как о совокупности поверхностных и подземных форм

и гидрологических особенностей, геологи же чаще рассматривали карст как процесс — геологический, гидрогеологический.

В монографии о карсте (1950, 1954) автором книги было предложено относить термин "карст" как к совокупности форм и гидрологических явлений, так и к процессам их возникновения и развития. Отмечалось, что отделить одно от другого невозможно. Аналогичный взгляд был высказан И. В. Поповым во вступительном докладе на Научном совещании по изучению карста в Москве (1956). И теперь у нас в Советском Союзе почти общепринято понимать под карстом как процесс, так и его результат, т. е. и процесс развития карстовых явлений, и сами явления.

Один из ведущих советских карстоведов-геологов, Д. С. Соколов (1962), определял карст как геологический процесс разрушения горных пород. Из этой формулировки выпадал карстовый литогенез. Между тем еще М. В. Ломоносов отмечал единство процессов растворения горных пород и связанного с ним литогенеза: "... дождевая вода, когда горы пронизает, тончайшие земляные частицы, из которых камни сседаются, в себе разводит (растворяет. — Н. Г.), и от тех силу получает другие тела претворять в камень, оставя в их скважинах оные частицы, которые прежде из каменной горы взяла с собою. Доказывают сие многие пещеры и рудокопные ямы, в которых капающая вода оставляет наростой камень по стенам и по сводам" (Ломоносов, 1949, с. 180). А. Е. Ферсман (1952, с. 23) писал: "Карстовый процесс связан именно с тем, что по преимуществу карбонатные породы в одном месте растворяются, а в другом отлагаются". Сталактиты, сталагмиты, кальцитовые занавеси, драпировки и прочие натечно-капельные образования известняковых пещер все карстоведы мира относят к явлениям карста.

Изучение карста, или карстование, по сути своей является отраслью знаний, входящей как в геологию, так и в географию. В трудах Ф. П. Саваренского и Д. С. Соколова показаны основные условия развития карста.

С некоторыми уточнениями это, во-первых, наличие растворимой в природных водах горной породы, как правило (исключением являются случаи поверхностного и контактного выщелачивания) водопроницаемой вследствие трещиноватости или пористости; во-вторых, наличие растворителя, т.е. воды, агрессивной по отношению к горной породе; в-третьих, наличие условий, обеспечивающих водообмен,—отток насыщенной растворенным веществом воды и постоянный приток свежего растворителя. Если первое условие определяется геологическим строением местности, то второе и отчасти третье тесно связаны с физико-географической обстановкой, второе — с климатом и почвенно-растительным покровом, третье — с геоморфологическими и гидрологическими условиями помимо геологической структуры и гидрогеологических особенностей.

Специфику изучения карста с географических позиций составляют: 1) анализ истории его развития не только в геологическом, но также в геоморфологическом и палеогеографическом аспектах; 2) всесторонний и глубокий учет влияния всех компонентов географической среды на развитие карста; 3) выяснение обратного влияния карста на географический ландшафт в целом. Географический подход к изучению карста венчается представлением о карстовых ландшафтах как о своеобразных физико-географических комплексах.

Для ознакомления с такими вопросами, как методика исследования карста, химизм карстовых процессов и количественное определение скорости карстовой денудации, геологические, гидрогеологические и географические условия развития карста, рекомендуем читателю обратиться к нашей предыдущей монографии (Гвоздецкий, 1972). Здесь же остановимся кратко на морфологии, гидрологии, типологии и районировании карста.

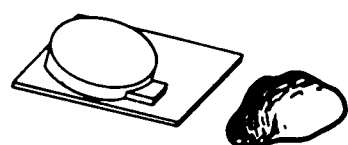
КАРСТОВЫЕ ФОРМЫ

К поверхностным карстовым формам относятся карры, желоба и рвы, воронки, блюдца и западины, котловины, поля, останцы.

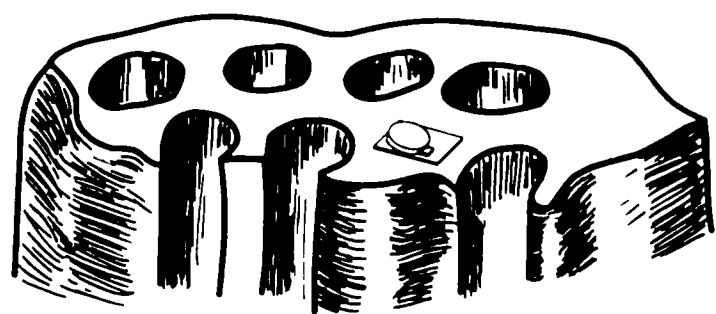
Среди карров в генетическом аспекте следует различать: 1) формы, возникшие на оголенной поверхности растворимой горной породы, и 2) формы, образовавшиеся под почвенно-растительным покровом с последующим его удалением (Cvijić, 1924). Карры второго типа известны во многих странах мира, в том числе в Югославии, Венгрии (Jakucs, 1977б), Англии. "Классические известняковые "мостовые" в Малхеме, а также в Пеннинских горах, как полагают, сформировались под почвенным покровом, который позднее был размыт" (Hanwell, Newson, 1973, с. 148).

Морфологически карры подразделяются на желобковые, стенные, лунковые, трубчатые (в виде трубообразных цилиндрических углублений в гипсах), каменицы, карры в виде следов, бороздчатые, меандровые, трещинные. Нами выделен еще один тип — структурные карры, встреченные на Алтае: на крутом известняковом откосе выработаны карровые углубления в химически относительно чистом известняке, разделенные узкими гребнями, которые соответствуют сильнокремнистым прослойкам.

По генезису особо выделяются желобковые и трещинные карры. Желобковые карры формируются под воздействием только атмосферных осадков, в результате трех первых фаз растворения известняка (Гвоздецкий, 1972; Bögli, 1960), без участия четвертой фазы, тогда как остальные типы карров образуются под действием всех фаз растворения: в их формировании участвуют и воды, обогащенные биогенной углекислотой за счет соприкосновения атмосферных осадков и талых вод с почвенно-растительным покровом. Трещинные карры отличаются от остальных путями удаления растворенного вещества. Если у большинства других типов карров оно осуществляется поверхностным стоком, то при



а



б



в



г

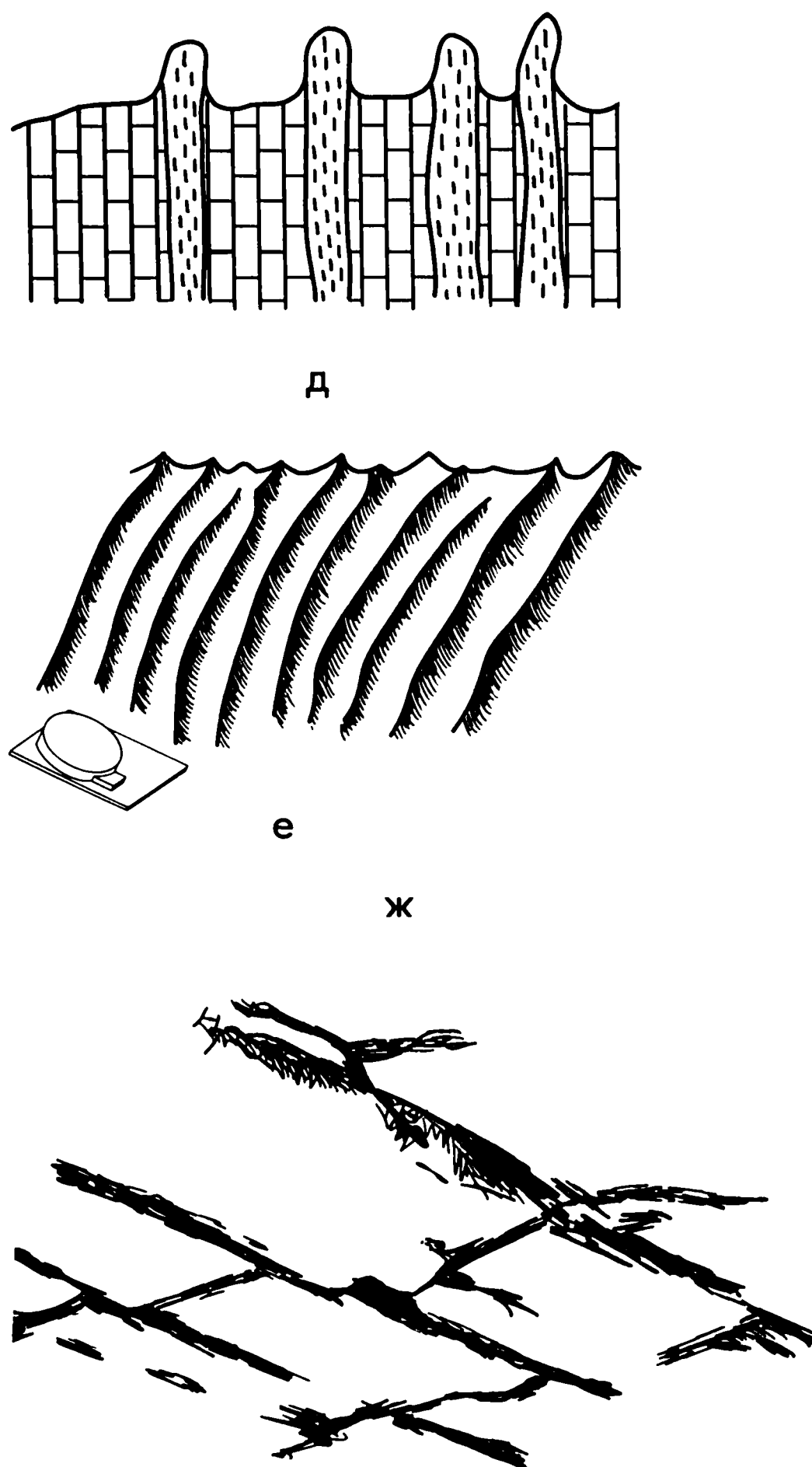
образовании трещинных карров участвует и вынос растворенного вещества подземным путем, через трещины.

В приведенной морфологической классификации карров отсутствуют выделяемые зарубежными исследователями (Bögli, 1960; Sweeting, 1972) острые пикообразные и округлые карры. Поскольку советские карстоведы относят к каррам отрицательные формы поверхности (И.С.Щукин (1940) включал карры в генетическую классификацию долин), то названные только что типы карров следует рассматривать как формы, разделяющие карровые борозды или углубления.

Польский исследователь А. Котарба (1970) выделяет в известняковых Западных Татрах три основных типа карров: стоковые, трещинные и эгукационные. Возникновение последних связано с действием воды, капающей на поверхность известняка со снежных покровов. Стоковые карры подразделяются на образованные дождевыми водами, талыми снеговыми и водами, просачивающимися через почвенно-растительный покров. Если говорить о характере растворителя, то можно выделить еще карры, созданные речной водой и морской водой — морские карры (Sweeting, 1972). Однако в этих, пока мало изученных, случаях часто образуются формы некоторых из указанных выше морфологических типов. Например, на Алтае, по наблюдениям А.М.Марилина, в прирусловом (речном) карсте встречаются лунковые карры. Очень широко они распространены в морском карсте; в этом нам пришлось убедиться при исследовании карста на побережье Мангышлака.

Таким образом, намечается несколько генетических классификаций карров, в которых предусматривается наличие или отсутствие прямого или косвенного влияния почвенно-растительного покрова, учитываются источник и характер растворяющей воды, пути удаления растворенного вещества.

Карстовые желоба и рвы (более глубокие и обязательно с крутыми бортами) развиваются вдоль

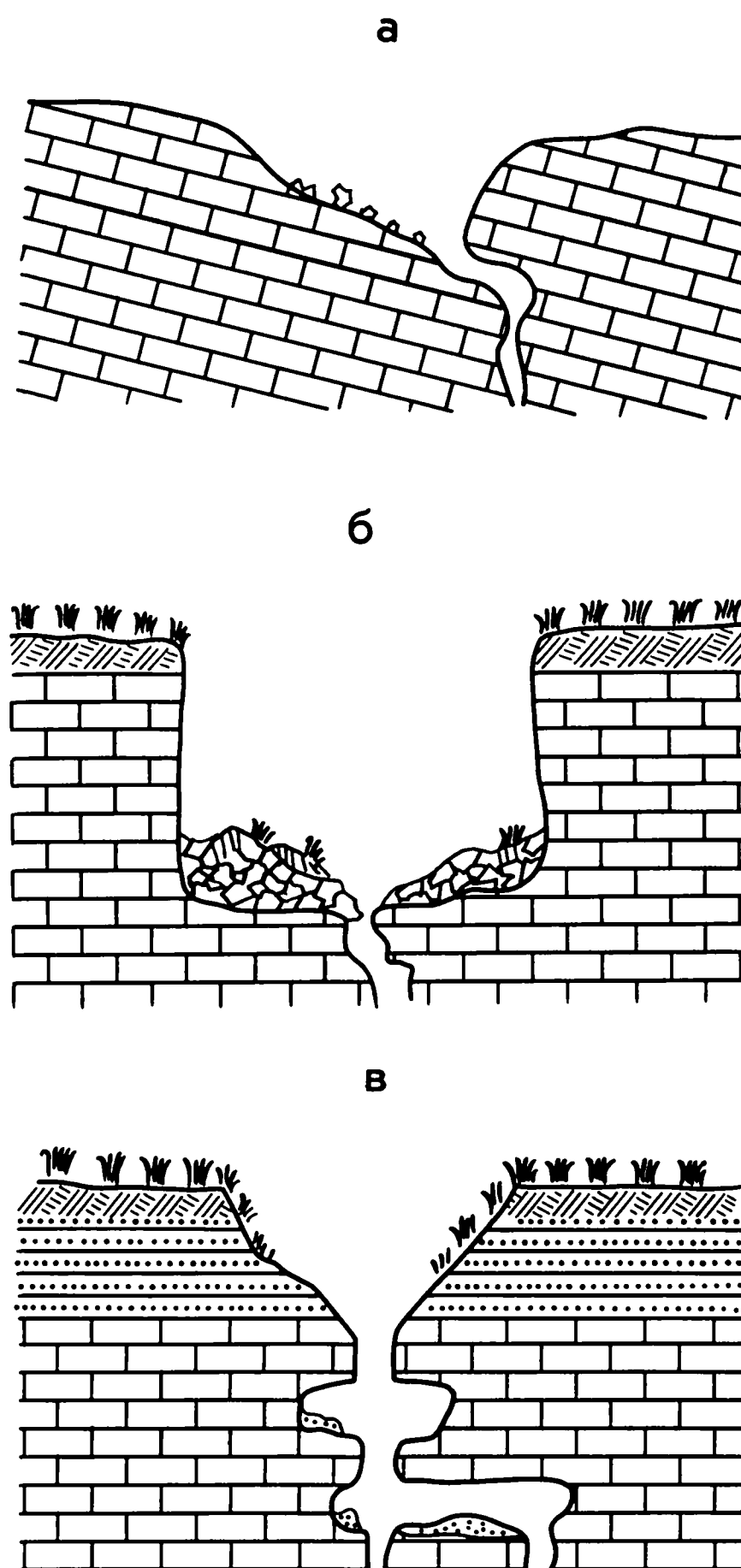


1. Различные типы карров: а — лунковые карры; б — трубчатые карры в глыбе гипса; в — карры в виде следов; г — бороздчатые карры; д — структурные карры (разрез), размеры в см; е — желобковые карры; ж — трещинные карры (на рис. а, б, е для масштаба изображен горный компас длиной 11 см).

раскрытых тектонических трещин (нередко в результате разгрузки на крутых склонах), или вдоль трещин отседания склонов, или трещин "бортового отпора". Они тянутся на десятки и сотни метров, а иногда и на несколько километров, достигая различной ширины и глубины. На концах они замкнуты, на дне могут иметь многочисленные углубления.

Прямолинейные рвы в известняках, разработанные по вертикальным тектоническим трещинам, шириной 2—4 м и глубиной до 5 м в Югославии называют *богазами*.

Среди карстовых воронок выделяют три основных генетических



2. Основные генетические типы карстовых воронок (в разрезе): а — воронка поверхностного выщелачивания; б — провальная воронка, в — воронка просасывания

типа (Гвоздецкий, 1954; Corbel, 1957в, с. 487)¹:

1) воронки *поверхностного выщелачивания*, или чисто *коррозионные*. Образуются за счет выноса выщелоченной на поверхности породы через подземные каналы в растворенном состоянии;

2) *провальные* воронки, или *гравитационные*. Образуются путем обвала свода подземной полости, возникшей за счет выщелачивания карстующихся пород на глубине и выноса вещества в растворенном состоянии;

¹ Почти такие же типы выделяют и английские исследователи (Sweeting, 1972).

3) воронки *просасывания*, или *коррозионно-суффозионные*. Образуются путем вмыывания и проседания рыхлых покровных отложений в колодцы и полости карстующегося цоколя, выноса частиц в подземные каналы и удаление через них во в з м у ч е н н о м и в з в е ш е н н о м состоянии. Распространен и переходный тип между типами 2-м и 3-м.

Кроме трех основных типов и переходного могут быть отмечены еще несколько типов. Генетически близки к воронкам поверхностного выщелачивания *коррозионно-эрозионные* воронки, возникающие из поноров на дне логов или полей. Более редкий тип — воронки, разработанные *действием восходящих источников*.

Блюдца, западины — это нечетко выраженные мелкие воронки.

Котловины. Воронки всех генетических типов, сливаясь своими краями, образуют сдвоенные, строенные и более сложные ванны и котловины. Крупные котловины в Югославии называют *увала*. Выделяют два основных типа *увала* — сложные, образовавшиеся посредством слияния нескольких больших воронок (вртача), с рядом углублений на дне, и плоскодонные котловины. Котловины могут относиться к генетическим типам — поверхностного выщелачивания, провальному, просасывания, а также созданным в комбинации с другими процессами, например эрозионным. Крупные котловины поверхностного выщелачивания часто образуются за счет корродирующего действия талых вод снежных и фирновых пятен. Многие из таких котловин — наследие перигляциальных условий последней ледниковой эпохи (например, в Горном Крыму, на Кавказе).

Поля по своему происхождению до недавнего времени (Щукин, 1964) разделяли на: 1) тектонические, 2) возникшие путем подземного механического выноса нерастворимой породы, залегающей среди карстующихся известняков или на контакте с ними, 3) образовавшиеся путем слияния группы смежных воронок и котловин (*увала*) при их росте в горизонтальном направлении, 4) провальные. На наш взгляд, круп-

ные котловины чисто тектонического происхождения (грабены, синклинальные прогибы) нельзя считать полями. При образовании полей обязательны выщелачивание и вынос растворенного вещества через подземные каналы. Поэтому в первую группу следует включать тектонически-коррозионные и тектонически-коррозионно-эрозионные поля, к которым, вероятно, относится большая часть крупных полей Югославии. Широко распространены поля второго типа. В Закавказье к ним относятся, например, Шаорская (превращенная теперь в водохранилище) и Ахалсопельская котловины и поле Зе-Гвардии (Гвоздецкий, 1954, 1972; Соколов, 1962); есть они и в Югославии (см. гл. 4). Поля третьего типа обычно небольшие, неправильной лопастной формы в плане, характерные не только для карбонатного, но и для гипсового карста, встречаются даже в платформенных условиях, например на севере Приволжской возвышенности; в Крыму — котловина Бештекне (Крубер, 1915). Такого типа поля, по Й. Цвийичу и др., есть в Черногории. Пример поля провального генезиса — Ракова долина в Словении.

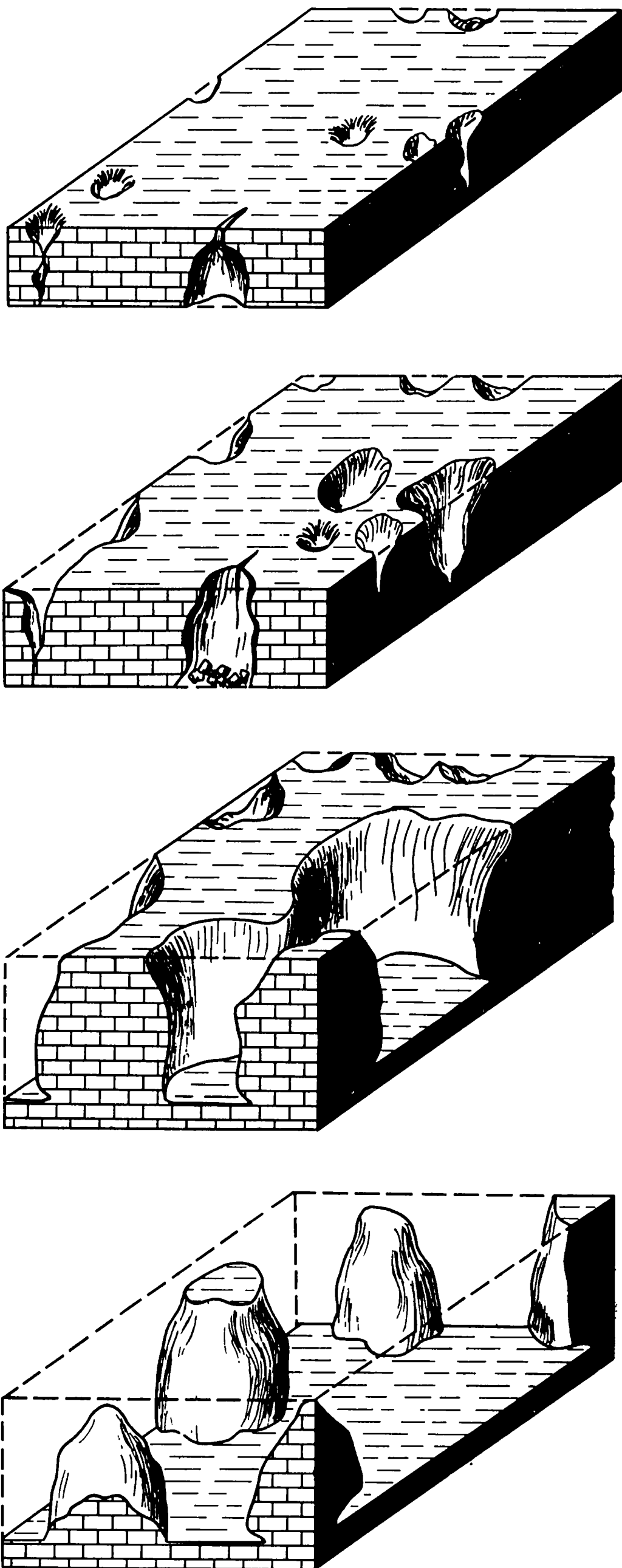
Карстовые останцы характерны в основном для весьма зрелых стадий развития карста. Они многочисленны и разнообразны в быстро развивающемся соляном карсте. В карбонатном же карсте останцы свойственны преимущественно тропическим областям, если не иметь в виду разного характера мелкие, а также реликтовые формы, образовавшиеся в прежних тропических условиях.

Для тропического карста характерны высокие и крутосклонные останцы в виде столбов, конусов, плосковерхих башен и более мелкие конусообразные и куполовидные формы. Для обозначения крутосклонных конусообразных и куполовидных останцов в качестве научного термина в карстоведческую литературу вошло кубинское (именно местное кубинское, а не испанское) слово "моготе". На Кубе так называют все карстовые останцы.

Склоны останцов (моготе) могут быть голыми, изборожденными

желобковыми каррами либо густо одетыми древесно-кустарниковой растительностью, среди которой на оголенных отвесных скалах развиты стенные карры. В обрывистых стенах встречаются гроты, нередко со сталактитовыми занавесями. Внутри останцы бывают пронизаны пещерными ходами. Считают, что останцы образуются лишь в химически отно-

3. Схема образования останцов тропического карста



сительно чистых массивных известняках. Однако наши наблюдения на Кубе показали, что куполовидные останцы развиваются и в мергелистых известняках (Гвоздецкий, Матео, 1973).

Останцовый карст представляет собой зрелую стадию расчленения приподнятого плосковерхого известнякового массива (ил. 3). Крутизна склонов останцов обусловлена вертикальной трещиноватостью известняков и ослабленностью склонового стока из-за их водопроницаемости. Большое значение имеет обваливание известняка по трещинам из-за подтачивания останцов снизу водами, которые заливают равнины в их основании, или грунтовыми водами, залегающими у базисной поверхности. В основании останцов из-за этого возникают развивающиеся в горизонтальном направлении коррозионные ниши. Подтачиванию останцов снизу боковой коррозией поверхностных вод способствует накопление на базисной поверхности водоупорных остаточных глин.

В горах юга СССР, относящихся к субтропическому поясу (Памиро-Алай, Закавказье), в умеренном и средиземноморском субтропическом поясах Средней и Южной Европы встречаются останцы (по-видимому, реликтовые формы тропического карста), развившиеся в палеогене и неогене, частично и в конце мелового периода. Распределение реликтового останцового карста согласуется со смещением экватора в ходе геологической истории Земли.

Поскольку в низких широтах влажнотропическая климатическая обстановка существует уже не один геологический период, распространенный там останцовый карст можно считать не только современным, но и древним.

Переход от поверхностных форм к пещерам типа гротов представляют навесы и ниши. Нередко они бывают интересны в археологическом отношении. Часто это чисто поверхностные образования, возникающие из-за более интенсивного выщелачивания отдельных слоев или пачек слоев стекающими по обрыву водами, при большом значении

биохимического выветривания (под действием поселяющихся на периодически увлажняемых поверхностях низших растений). В речных долинах и на берегах морей в поверхностном выщелачивании основную роль играют речные и морские воды. На морских берегах растворяющее действие морской воды сочетается с абразией.

В процессе образования более глубоких ниш существенное значение приобретают коррозия за счет вод, просачивающихся по трещинам в горной породе, и, кроме того, обрушение глыб породы из-за расширения трещин вследствие выщелачивания их плоскостей.

В известняковых нишах субтропических и тропических областей встречаются натеchno-капельные образования. Сталактиты, сливаясь, образуют занавеси и драпировки.

Естественные мосты и арки чаще всего возникают при обрушении потолка пещерных тоннелей, а иногда и ниш.

Среди подземных карстовых форм можно выделить карстовые колодцы и шахты, пропасти, пещеры.

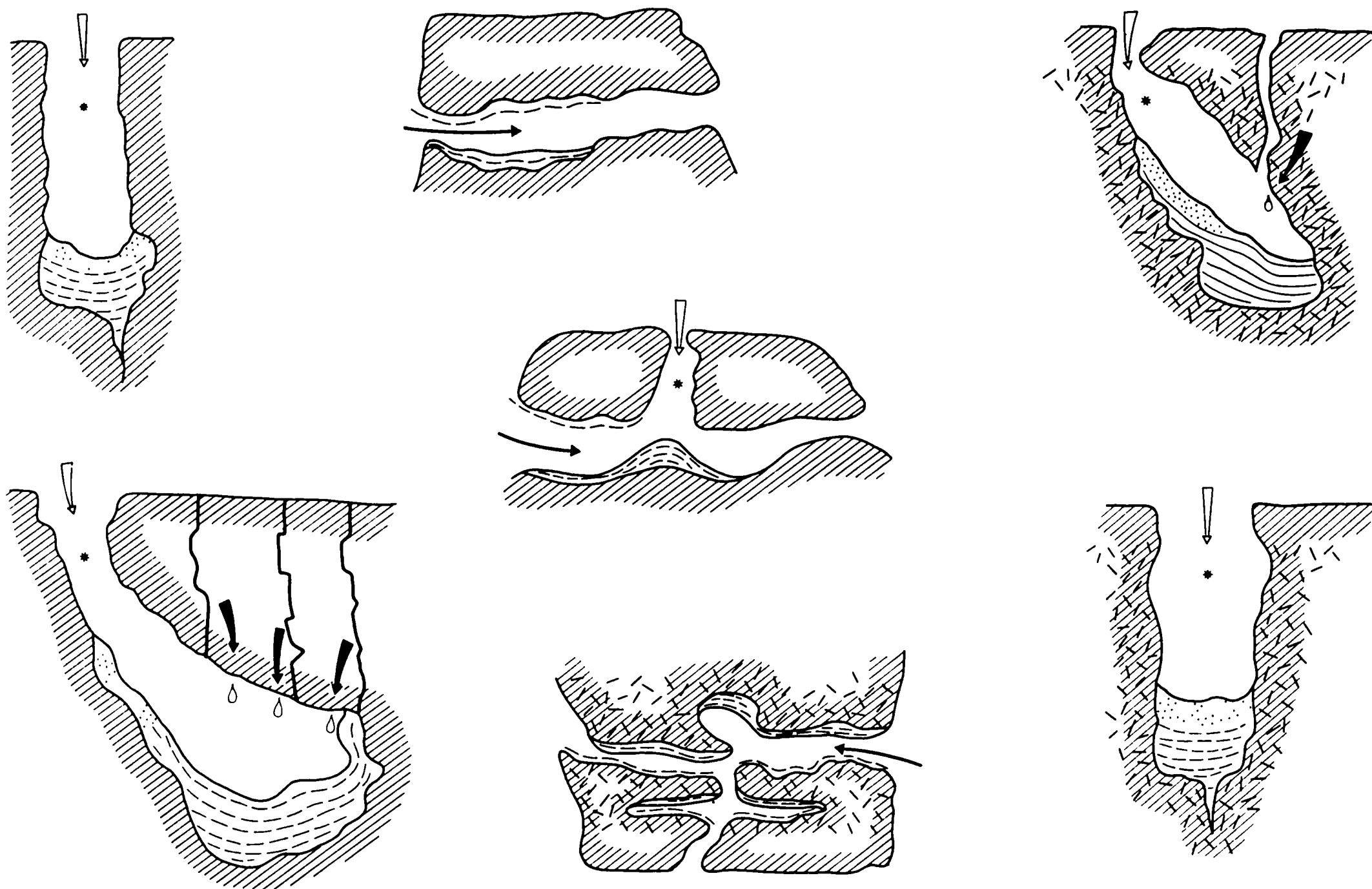
Карстовые колодцы и шахты — это вертикальные или крутонаклонные полости, различающиеся между собой по глубине; к шахтам относят полости глубже 20 м, достигающие нескольких десятков, а то и сотен метров. Полости колодцев и шахт могут быть *провальными* (гравитационными); *гравитационно-коррозионными*, образованными путем выщелачивания водой карстующейся породы по трещинам и частичных обрушений; *нивально-коррозионными*, возникшими вследствие корродирующего действия (по трещинам) талых снеговых вод; *коррозионно-эрозионными*, которые образованы устремляющимися по трещинам вниз водными потоками, производящими размыв, подготавливаемый растворением по спайкам зерен горной породы; образованные подобным же действием *восходящих* по трещинам *артезианских вод*.

Карстовые пропасти представляют собой комбинации естественных шахт с горизонтальными и наклонными пещерными ходами. К ним относятся, в частности, глубочайшие кар-

стовые полости мира, достигающие глубины 1000 м и более (прилож. № 2). Первая шахта, с входным отверстием на поверхности, может быть коррозионно-эрозионной (чаще всего) либо нивально-коррозионной, гравитационно-коррозионной, провальной. Для глубинных частей пропастей нивально-коррозионные шахтные стволы не типичны. Наиболее обычны там коррозионно-эрозионные шахты, но встречаются гравитационно-коррозионные и провальные.

Большинство карстовых пещер образуется при ведущей роли выщелачивания, часто при совместном действии растворения и размыва горной породы (размыва, подготавливаемого растворением по спайкам зерен). Значительна бывает и роль обрушений породы, особенно на зрелых стадиях разработки пещерных полостей. Некоторые пещеры возникли под действием термальных и минеральных вод. Пещерные полости так называемого "рудного карста" развились под действием на известняк сернокислых растворов, образовавшихся при окислении пирита и других сульфидов. Встречаются пещеры, представляющие собой в основе сильно раскрытые тектонические трещины, но моделированные процессами выщелачивания (подземные карры и пр.) и осаднения по стенам трещин натеchno-капельных образований.

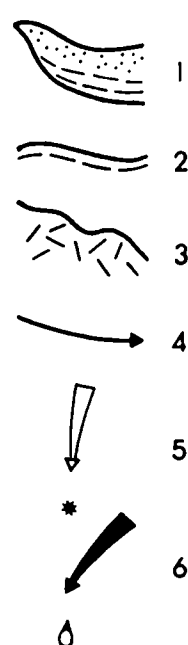
Пещерные полости могут развиваться в зоне аэрации, т.е. в зоне вертикальной циркуляции просачивающихся вод. Однако большие карстовые пещеры зародились в основном при полном заполнении пещерных каналов подземными водами, в зоне полного насыщения, и вода в них циркулировала под гидростатическим давлением. Различают ряд *стадий* их развития, относящихся к эпохам полного и частичного заполнения водой — напорной эпохе и безнапорной. На основе переработки схемы Г. А. Максимовича Л. И. Маруашвили (1970) выделил семь стадий: три — в напорной эпохе эволюции (трещинная, щелевая, каналовая) и четыре — в безнапорной (воклюзовая, водно-галерейная, сухо-галерейная, грото-камерная).



При восходящем развитии земной коры в условиях большой мощности известняковых толщ и складчатой структуры возникают *многоэтажные* системы пещерных галерей (горизонтальные или почти горизонтальные), заложение которых не связано с соответствующим наложением горных пород.

Известны значительные многоэтажные пещерные системы. Палеозоологические и археологические данные свидетельствуют о более древнем возрасте верхних этажей в сравнении с нижними, указывая на некоторую аналогию развития пещер и террасовых уровней речных долин.

В морфологии пещерных полостей большая роль принадлежит *трещиноватости* карстующейся породы и *натечно-капельным образованиям*. При разработке пещерных тоннелей по вертикальным и круто наклонным трещинам они отличаются прямолинейностью, резкими "коленчатыми" изгибами. Под разными углами от них отходят ответвления. Нередко тоннели пересекаются, образуя сложные решетчатые лабиринты (ил. 5, 6). Эволюция натечно-капельных образований зависит от уменьшения притоков воды в пещеру при переходе от воклюзовой к водно-галерейной и сухо-галерейной стадиям. Сначала раз-



4. Типы карстовых полостей-ледников СССР

1 — скопления снега и льда;
2 — ледяные кристаллы на потолке пещерных ходов;
3 — вечная мерзлота; 4 — циркуляция холодного воздуха;
5 — поступление снега; 6 — поступление воды

виваются наплывы на полу пещеры, гурь, затем сталагмиты с широким основанием, сменяющиеся далее палкообразными. И лишь когда приток воды снижается до 0,1—0,01 куб. см/сек, появляются сталактиты. При дальнейшем его снижении образуются эксцентричные сталактиты (Максимович, 1965а). При общем снижении обводненности пещеры в процессе ее эволюции на одной и той же стадии наблюдаются в разных частях пещерной полости неодинаковые притоки воды, отчего появляются различные формы натечно-капельных образований.

Пещеры-ледники характеризуются ледяными натечно-капельными и кристаллическими образованиями. Нами выделено семь типов карстовых полостей-ледников в СССР,

различающихся по условиям возникновения пещерного холода, накопления снега и льда (ил. 4). Три последних типа относятся к области вечной мерзлоты, где пещерный лед представляет собой ее особую форму.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ КАРСТОВЫХ РЕГИОНОВ

Карстовые источники характеризуются большой концентрированностью выхода вод. Особенно мощными они бывают тогда, когда на поверхность вытекают подземные реки или подземные струи, образовавшие единый водоток при выходе. Такие источники называют *воклюзами*, по имени карстового источника Воклюз на юге Франции.

Даже если установлена прямая связь источника с ушедшей под землю рекой, не всегда выход воды в виде воклюза служит только продолжением этой реки — под землей к ней присоединяются боковые притоки.

Источники, бьющие из глубины под напором, иногда образуют озера в устьевых воронках, разработанных коррозией восходящей струи. Эти озера имеют постоянный отток воды в виде ручья или реки. Такие источники немецкие авторы называют *Quelltopf*, т.е. "ключевой горшок".

Поскольку режим питания карстовых вод и подземных рек изменяется по сезонам, особенно в областях со средиземноморским климатом, дебит карстовых источников, даже типов воклюз и ключевого горшка, может резко колебаться. Если же выводные каналы источника связаны с зоной периодического, а не постоянного насыщения, то образуется *периодический* (периодически действующий) источник. Имеются и другие типы периодических источников (Щукин, 1964). Некоторые источники периодически меняют водоизливающие функции на водопоглощающие (т.е. превращаются в поноры). Большой интерес представляют выходы пресной воды на дне моря — *субмаринные* источники.

Реки карстовых районов создают своеобразную гидрографическую сеть. Характерны *разреженность* поверхностной сети, поглощение поверхностного стока понорами в кар-

стовых логах, воронках и котловинах и перевод его в *подземный сток*. Карст усиливает интенсивность подземного стока, нарушает плавный зональный характер его распределения. Характерно обилие подземных, пещерных рек, исчезновение под землю поверхностных водотоков. Во многих карстовых районах наблюдаются подземный водообмен между речными бассейнами (он может быть положительным и отрицательным) и несовпадение подземных водоразделов с топографическими.

Карстовые озера заполняют отрицательные поверхностные формы карста разного размера и характера: одиночные воронки, сложные ванны и котловины, пониженные участки днищ полей.

Различны и условия заполнения озерных котловин водой. Озеро может представлять собой скопление поверхностных вод либо оно питается грунтовыми карстовыми водами и испытывает колебания уровня, соответствующие колебанию их скатерти. Наконец, озеро может представлять собой заполненную напорной водой воронку восходящего источника с постоянным оттоком. Периодическое заполнение водой и осушение озерных котловин бывают связаны не только с колебанием уровня грунтовых карстовых вод, но и с большим поступлением воды при сильных или длительных дождях, снеготаянии, когда вода не успевает поглощаться понорами и скапливается в котловине, расположенной над уровнем грунтовых карстовых вод.

КЛАССИФИКАЦИЯ КАРСТА И ВОПРОС О ЕГО РАЙОНИРОВАНИИ

На международной спелеологической конференции в Брно (1964 г.) нами была предложена классификация карста СССР, основанная на совмещении шести морфолого-генетических и пяти литологических типов (Gvozdekij, 1965; Типы карста в СССР, 1965). Теперь эта классификация дополнена, и здесь мы будем говорить также о типах карста, которые не встречаются на территории СССР, но известны в других странах, преимущественно в тропических широтах.

Д. Квинлен (Quintan, 1966) предложил близкую к нашей, но основанную на большем количестве критериев классификацию. Мы считаем, что следующие за морфолого-генетическим и литологическим факторами критерии должны использоваться при разделении типов на более низкие классификационные подразделения.

Выделенные нами морфолого-генетические типы существенно отличаются друг от друга морфологически и генетически различными поверхностными (а иногда и подземными) карстовыми формами и их сочетанием. Литологические различия учитываются уже при выделении типов, потому что разная растворимость горных пород, скорость растворения и быстрота насыщения растворителя, различия в процессах растворения карбонатных и некарбонатных пород, их разные изменения от температурных (а потому и климатических) условий — все это влияет на особенности развития карста, его морфологию и инженерно-геологическую оценку.

Полученные при совмещении морфолого-генетической и литологической классификаций типы карста группируются в два класса *равнинного* и *горного* карста (с подклассами низкогорного, среднегорного и высокогорного).

М. М. Свитинг (Sweeting, 1972) выделяет пять основных типов карста: 1) настоящий карст (холокарст)¹; 2) флювиокарст; 3) гляциально-нивальный карст, включая карст области вечной мерзлоты; 4) тропический карст; 5) аридный и семиаридный карст (причем последний тип рассматривается в главе о тропическом карсте и характеризуется лишь особенностями его тропических и субтропических вариантов). Наметки подобной общегеографической классификации нами также давались ранее (1954), однако представляется, что выделенные М. М. Свитинг общегеографические типы карста слишком широки, каждый из них включает по нескольку типов нашей более дробной классификации, учи-

тывающей не только общую физико-географическую обстановку развития карста, но также и характер и толщину покрова над карстующимися горными породами (выделение одного типа флювиокарста этого не дает) и очень важные литологические особенности.

В СССР нами теперь выделяются следующие морфолого-генетические типы: 1) погребенный, или ископаемый, карст; 2) бронированный карст; 3) покрытый карст; 4) задернованный карст; 5) полуздернованный и частично задернованный карст; 6) голый карст; 7) останцовый тропический карст (в СССР только реликтовый); 8) карст, развивающийся в условиях вечной мерзлоты; 9) морской карст.

Основные литологические типы, с которыми совмещаются морфолого-генетические, следующие: 1) известняковый карст; 2) доломитовый карст; 3) карст в мраморах; 4) меловой карст, в том числе карст в мелоподобных мергелях; 5) гипсово-ангидритовый карст; 6) соляной карст.

Полученные путем совмещения обеих классификаций типы карста именуются следующим образом: голый известняковый карст, покрытый гипсово-ангидритовый карст, погребенный меловой карст и т. п., причем такие типы могут быть отнесены к равнинному или горному классу.

Все морфолого-генетические типы карста, выделенные на территории СССР, встречаются и в других странах. Например, карст, сочетающийся с вечной мерзлотой, развит на Шпицбергене, в Канаде.

Останцовый тропический карст современный, хотя и достаточно древний по началу своего формирования, развит в тропических широтах. Он представлен несколькими подтипами: башенным, коническим и куполовидным карстом. Башенный (с плосковершиями крутосклонными останцами) и конический карст нередко называют заимствованными из немецкого языка международными терминами — "турмкарст" и "кегелькарст". Иногда останцы поднимаются среди краевых равнин, в других случаях они не связаны с ними и тогда сочетаются с многочисленными впадинами:

¹ М. М. Свитинг применяет здесь термин Й. Цвийича, выделявшего в качестве основных типов карста холокарст, т. е. полный карст, и мерокарст — несовершенный карст (см. Гвоздецкий, 1972).

в Пуэрто-Рико, местами на Ямайке и Кубе, "лабиринтовый карст" Новой Гвинеи (см. гл. 7).

Переходный тип между голым карстом и останцовым тропическим — тропический карст с гигантскими острыми карровыми ребрами, описанный Л. Кюизинье в Индокитае. Вероятно, близок к нему и знаменитый "Каменный лес" Юньнаньского нагорья в Китае, который также рассматривают как поверхность с каррами (Геллерт, 1966).

К своеобразным морфологическим типам тропического карста можно отнести закарстованные поверхности со сплошным распространением глубоких крутостенных впадин (местами на Кубе) и карст низких приморских равнин с обводненными тоннелями и провалами на поверхности (Юкатан, Флорида).

В тропических широтах распространены также морфолого-генетические типы, аналоги которых имеются и в карсте умеренных широт. Например, на равнинах Кубы нами наблюдались частично задернованный облепленный карст, задернованный карст, покрытый карст. Несмотря на сходство с соответствующими типами карста умеренных широт, их следует рассматривать в качестве типов тропического карста. К особому морфолого-генетическому типу тропического карста должен быть отнесен карст коралловых рифов, приподнятых над уровнем океанского прибоя.

Своеобразный вариант голого карста встречается в суббореальном поясе в области ледникового сноса, с которым здесь связана оголенность известняковой поверхности (например, на о. Готланде).

На Далматинском побережье Адриатического моря в Югославии широко распространен голый морской карст, созданный растворяющей деятельностью морской воды. В СССР он встречается редко, исследован лишь недавно на побережье Каспия, на Мангышлаке, известен также на черноморском побережье в Абхазии.

Основные типы карста Земли, как и типы карста СССР, выделяются путем совмещения морфолого-генетической классификации с литологиче-

ской. Некоторые типы могут быть представлены лишь одним литологическим вариантом (только известняковый — карст коралловых рифов, вероятно, останцовый тропический). Многие типы являются общими как для СССР, так и для зарубежных стран. Сохраняет свое значение и группировка типов в классы равнинного и горного карста, как и выделение подклассов карста на основе высотной зональности (ярусности).

Поскольку карст существенно влияет на отдельные компоненты географического ландшафта и физико-географический комплекс в целом, то это позволяет рассматривать закарстованные территории в качестве особых географических ландшафтов. Их классификационный ранг определяется степенью влияния карста на разные компоненты ландшафта и ландшафт в целом. А эта степень влияния зависит в первую очередь от типа карста.

Отличие районирования карста от большинства других видов природного районирования заключается в *прерывистости его распространения*. Выделение региональных единиц, особенно более высокого таксономического ранга, основывается на объединении несплошных ареалов.

Поскольку само существование карста определяется литологическими условиями, то в основу районирования должны быть положены *геологические* (литологический и тектонический) факторы. Но кроме того, необходимо учитывать и *физико-географические* условия, во многом определяющие особенности карста, зачастую его морфолого-генетический тип и классификационный ранг географического ландшафта закарстованной территории.

Может быть предложена следующая таксономическая система районирования карста: карстовые *страна — область — провинция — округ — район*. Внутри района при детальном исследовании рекомендуется выделять типологические единицы (участки разных типов карста), однако при необходимости в качестве индивидуальных единиц могут выделяться также *подрайоны* и *микрорайоны*.

Глава II КАРСТ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР И КAVKA3A

РУССКАЯ РАВНИНА

На Русской равнине карст развит в основном в платформенных условиях, за исключением Донецкого и Тиманского кражей, где он приурочен к складчатым структурам. Возрастной диапазон карстующихся пород Русской равнины очень велик — от докембрия (в Украинском кристаллическом массиве) до неогена. Основную роль в развитии карста играют породы платформенного чехла, причем наиболее широко распространены палеозойские карстующиеся толщи — карбонатные (известняки, доломиты), гипсоносные (с гипсом, ангидритом) и соленосные. Из мезозойских толщ существенное значение имеют породы верхнего отдела меловой системы, представленные пишущим мелом и мелоподобными мергелями. Из неогеновых пород в образовании карста участвуют известняки-ракушечники южной окраины Русской равнины и гипсово-ангидритовые породы тортона по западному и юго-западному краю Украинского щита.

Региональные особенности геологических условий развития карста Русской равнины охарактеризованы в труде И. В. Попова (1965) и в написанной им же совместно с И. А. Саваренским статье (см. Вопросы изучения карста..., 1966).

В связи с особенностями геологического строения в западной половине Русской равнины преобладает карбонатный карст (в известняках, доломитах и мелу), в восточной — гипсовый, приуроченный к сульфатно-доломитовым и сульфатным отложениям пермской системы. Однако на востоке распространен и карбонатный карст, а на юго-западе, в Приднестровской Подолии, интенсивно развит гипсовый.

Меловой карст наблюдается главным образом в южной половине Русской равнины, соляной — на юго-востоке (в Прикаспийской низменности и соседних с ней районах Предуралья), в Донецком бассейне и Днепровско-Донецкой впадине.

Климатические и общие физико-географические условия развития карста в пределах Русской равнины изменяются в соответствии с широтной зональностью. Но как известно, границы широтных зон Русской равнины в ее южной половине протягиваются с запада-юго-запада на восток-северо-восток, а на юго-востоке резко отклоняются к югу. С северо-запада к юго-востоку уменьшается количество атмосферных осадков, увеличивается испаряемость, поэтому в юго-восточном направлении резко снижается увлажненность и возрастает засушливость. Это затрудняет карстование, энергично развивается только гипсовый и соляной карст.

Для некоторых районов Русской равнины с карбонатным, преимущественно известняковым, карстом А. Г. Чикишев произвел подсчет скорости карстовой денудации по предложенному им карстово-гидрохимическому методу и по методу М. Пулины. Для Ижорской возвышенности средние величины почти совпали: 26,4—26,6 мм/1000 лет (миллиметров денудированного слоя за тысячелетие). По Валдайской возвышенности величины (полученные по карстово-гидрохимическому методу) оказались меньшими — от 8 до 18 мм/1000 лет (Чикишев, 1973а; Карст в карбонатных породах, 1972).

Зависимость агрессивности природных вод, в частности почвенных растворов, от широтной физико-географической зональности Русской равнины показана в монографии А. А. Колодяжной (1970). Однако типы карста Русской равнины, охарактеризованные в статьях Н. А. Гвоздецкого и А. Г. Чикишева (см. Типы карста..., 1965), связаны в первую очередь с историей развития территории, а не с климатическими особенностями и различиями. В соответствующих климатических условиях мог бы развиваться, скажем, задернованный карст. Между тем из морфолого-генетических типов здесь развит преимущественно покрытый карст (с покровом морены, флювиогляциальных

отложений и пр.). И не случайно Г.А.Максимович (1963) назвал этот тип карста "русским".

На севере и северо-западе Русской равнины, в области древнего материкового оледенения, карстующиеся толщи перекрыты ледниковыми и флювиогляциальными наносами, а во внеледниковой области — элювиально-делювиальными плащами, осадками четвертичных морских трансгрессий (в Прикаспийской низменности). Перекрытость карстующихся пород некарстующимися рыхлыми осадками и предопределила широкое распространение покрытого карста.

Помимо этого, господствующего, типа в разных районах Русской равнины встречаются участки голого (с зачаточными каррами или небольшими карровыми полями) и задернованного карста. Довольно широко распространен древний погребенный, или ископаемый, карст.

Карстовые формы Русской равнины разнообразны. В связи с фрагментарным распространением голого известнякового карста *карры* в известняках встречаются довольно редко, но все же местами они развиты. Голый гипсово-ангидритовый карст на Русской равнине наиболее типично выражен у оз. Индер, где он изучен З.В.Яцкевич и М.Н.Годлевским. Здесь описаны карры в виде бороздок шириной 1—3 см и длиной 5—15 см. Менее ярко выраженные гипсовые карры встречаются и в других местах, например на востоке Русской равнины в Пермской области (Максимович, Горбунова, 1958). Недавно В.Б.Михно показал распространение голого мелового карста на Калачской и юге Среднерусской возвышенности, где отметил разные типы карров, вплоть до трубчатых, которые ранее были описаны нами в гипсах северного склона Большого Кавказа.

Из карстовых воронок наиболее характерны *воронки просасывания* и *провалы*. При образовании провалов оседают преимущественно покровные отложения, но нередко, особенно в гипсах, происходит обрушение и верхних слоев толщи карстующихся пород.

Провалы в гипсах в платформенных условиях Русской равнины иногда достигают внушительных размеров. Так, в северо-западной части Приволжской возвышенности, на Муромско-Павловском правом берегу р. Оки, нами была описана цепь из восьми провалов глубиной до 30 м с диаметром до 150—250 м (Гвоздецкий, Спиридонов, 1971). Один из самых крупных провалов на Русской равнине возник в 1920 г. в низовье р. Сухоны. Воронка провала имела диаметр 140 м, глубину — 50 м. Образовавшийся в 1953 г. на восточной окраине Русской равнины, на Сылвинском кряже, Бреховский провал достигал первоначально глубины 45 м, а известный Акташский провал на Бугульминско-Белебеевской возвышенности, возникший в 1939 г. под тяжестью пахавшего землю трактора и поглотивший трактор вместе с трактористом, имел глубину 52 м. Это была узкая карстовая шахта, наполовину заполненная водой. Впоследствии она расширилась за счет обрушения бортов, но стала мельче и превратилась в типичную провальную воронку в виде котла с отвесными стенами и с водой на дне (Ступишин, 1967).

При слиянии двух, трех и более воронок просасывания или провалов образуются небольшие карстовые *котловины* (сложные ванны). Характерны также карстовые овраги и слепые балки, заканчивающиеся в нижнем конце воронкой с водопоглощающим понором и представляющие собой по сути комбинации эрозионных и карстовых форм. Примером может служить слепая балка у селения Лом на правом берегу Оки, в окрестностях Касимова (Вопросы изучения карста..., 1966: Н.А.Гвоздецкий, В.А.Шматков).

В карстовых районах Русской равнины встречаются крупные карстовые котловины. Одна из них, размером 1300 на 400 м и до 20—30 м глубиной, находится на участке гипсового карста в районе Муромско-Павловского правого берега р. Оки у с. Болотниково (Гвоздецкий, Спиридонов, 1971).

Некоторые крупные котловины, образованные посредством слияния

групп карстовых котловин и воронок, могут быть отнесены к типу *полюев*. Например, Ворсминская карстовая котловина на правобережье р. Кишмы, правого притока Оки, в северо-западной части Приволжской возвышенности, по данным В. И. Игнатьева, имеет площадь около 30 кв. км и глубину до 50 м. Дно этой огромной котловины изрыто округлыми понижениями, свежими провалами и долинами небольших исчезающих рек.

Формы гипсового карста, до некоторой степени аналогичные полям карбонатного карста (Максимович, 1963; Горбунова, 1979), — это большие карстовые депрессии, представляющие собой последующую стадию развития карстовых котловин. К таким депрессиям относятся обширные замкнутые и вскрытые водотоками понижения, карстовые и эрозионно-карстовые, на склонах северной части Уфимского плато: Дикоозерская, Мазуевская, Низковская, Суксунско-Советинская и др., с озерами и восходящими карстовыми источниками на дне. Дикоозерская карстовая (замкнутая) депрессия имеет размеры 4 на 1,8 км и глубину 90 м. Мазуевская карстовая депрессия несколько меньше (3 на 1,5 км), но глубже (до 100 м). Суксунско-Советинская депрессия, эрозионно-карстовая, имеет длину до 14 км, ширину 2,5 км и глубину 80—100 м.

В ряде районов Русской равнины имеются *карстовые рвы*. Например, В. С. Лукиным описаны рвы в гипсовом карсте северной части Уфимского плато, на водоразделе рек Сылвы и Бабки, и в других местах бассейна Сылвы в ее нижнем течении. Рвы сравнительно небольших размеров связаны с трещинами разгрузки и, по нашему мнению, с раскрытием в результате бортовой разгрузки тектонических трещин. Более крупные рвы, до 2,5 км длиной, образуются цепями сливающихся карстовых впадин и возникают в зонах интенсивного подземного стока карстовых вод.

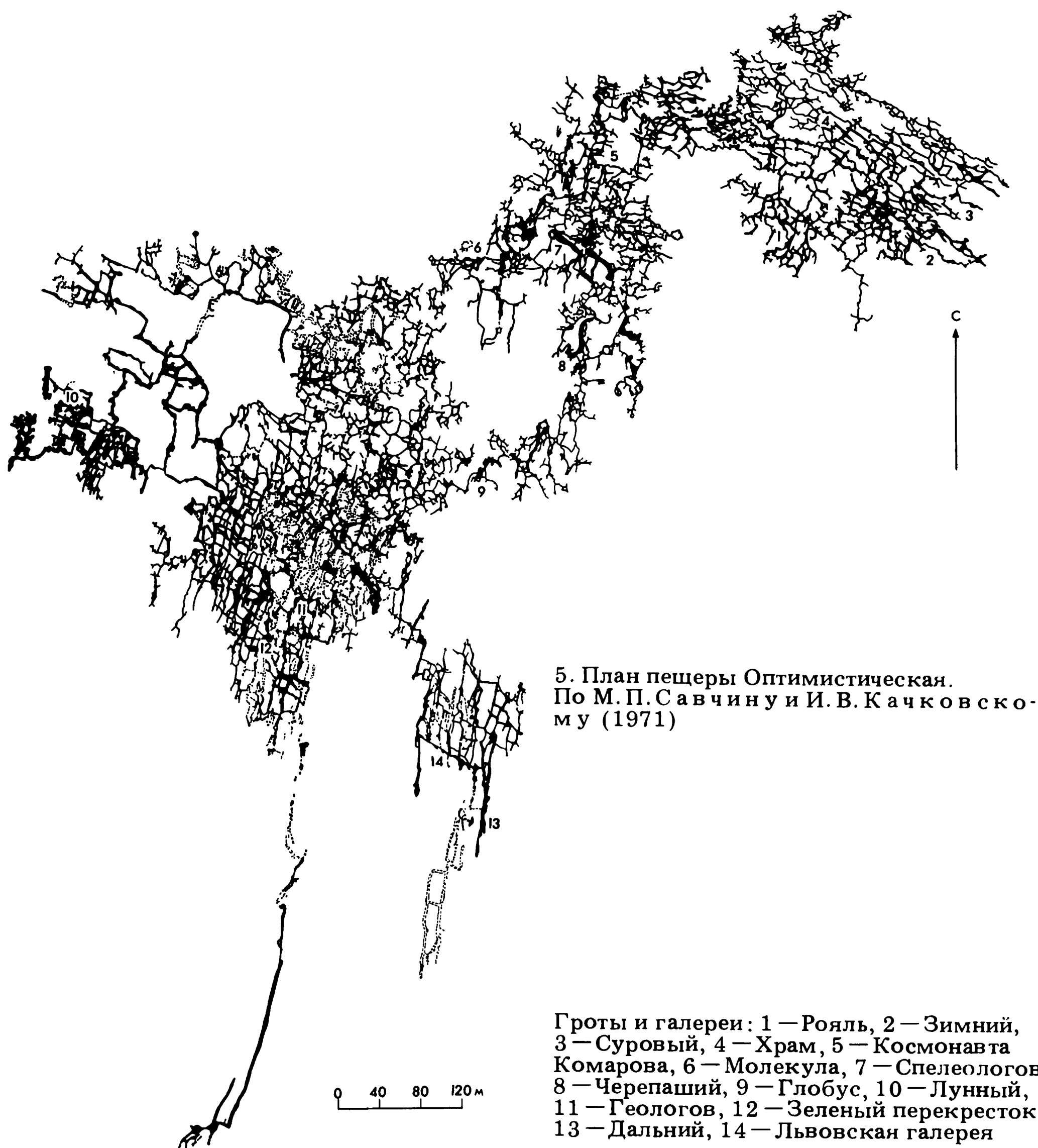
О карстовых рвах в Среднем Поволжье, достигающих суммарной протяженности несколько километров, пишет А. В. Ступишин (1967). Он выделяет три типа рвов: карсто-

вые рвы и пояса структурно-денудационных возвышенностей, склонов речных долин и озерных карстовых котловин. Самые крупные рвы Среднего Поволжья находятся в южной оконечности Вятского вала. Они описаны Н. Н. Лаптевой, которая, следуя В. С. Лукину, выделяет две группы рвов: сравнительно небольшие рвы, совпадающие с трещинами "бортового отпора" (вероятно, здесь силой "бортового отпора" раскрыты и тектонические трещины), и рвы на участках интенсивного подземного стока карстовых вод, к которым относятся крупнейшие из известных на Русской равнине этого типа формы. По данным Н. Н. Лаптевой, карстовые рвы южной оконечности Вятского вала развиты в карбонатных породах. На юго-западном окончании Себе-Усадской структуры находится карстовый ров, образовавшийся путем слияния 23 воронок. Протяженность его 5 км, глубина до 45 м. Самый крупный из рвов протянулся вдоль северного склона Сотнурской возвышенности по левобережью р. Илети. Его длина — 15—16 км, ширина — 200—500 м, глубина — до 85 м. На дне и склонах рва имеются карстовые воронки и озера.

Из *суходолов* на Русской равнине своей длиной выделяется суходол на Уфимском плато, соответствующий почти 60-километровому подземному течению р. Яман-Елги (по данным В. И. Мартина).

Карстовые останцы имеют ограниченное распространение. Небольшие известняковые останцы, не более 3 м высотой, есть в Северной Прибалтике на плато Костивере (в Эстонии, к востоку от Таллина). Отдельные останцы имеют форму грибов, которая объясняется разной растворимостью известняковых слоев. К карстовым останцам относят (А. А. Дубянский) причудливой формы меловые столбы (до 10—12 м высотой) на правобережье Дона близ устья р. Тихой Сосны. Гипсовые останцы отмечены в Башкирии в низовье р. Аургазы.

Платформенные условия Русской равнины не способствуют образованию глубоких *карстовых колодцев* и *шахт*. Наиболее глубокая из



известных — шахта Саранская (49 м) на Уфимском плато. Характер карстовой шахты первоначально имели Бреховский и Акташский провалы (см. выше).

Пещеры на Русской равнине, наоборот, распространены довольно широко и иногда достигают громадных размеров. На юго-западе Русской равнины, в тортонских гипсах Приднестровской Подолии и Буковины, развиты сложнейшие решетчатые лабиринты пещер, разработанные по пересекающимся трещинам (ил. 5, 6), — самые крупные в СССР по суммарной длине и наибольшие из гипсовых пещер мира. Пещера Оптимистическая

имеет длину лабиринта 142,5 км и занимает 2-е место в мире (после пещерной системы Флинт-Мамонтова в США, штат Кентукки). Пещера Озерная — 104,5 км занимает 4-е место в мире по суммарной длине проходов. Имеется еще ряд значительных лабиринтов: пещеры Золушка — 40 км, Кристальная (Кривченская) — 22 км, Млынки — 15,1 км, Вертеба — 7,8 км.

Известная Кунгурская "ледяная" пещера на востоке Русской равнины тянется на 5,6 км (суммарная длина проходов и залов). Большие пещеры обнаружены недавно на севере Русской равнины, в Пинего-Северодвинском



6. План пещеры Озерная (на 1 марта 1973 г.). По В. В. Апостолу и П. П. Горбенко (1976)

Районы: I — Ближний, II — Переходный, III — Дальний, IV — Октябрьский. Участки, гроты, галереи: 1 — Сказочных озер, 2 — Крымский, 3 — Жемчужная, 4 — Плутон, 5 — Аллигатор, 6 — Георгиевский, 7 — Зимняя сказка

крае. Самые крупные (по суммарной длине) пещеры: Конституционная — 5,7 км, Ленинградская — 3,4 км, Пинежская имени А. Терещенко — 2,3 км, Северянка — 2,3 км, Сотка-26 — 2 км (Пещеры Пинего-Северодвинской карстовой области, 1974; Состояние и задачи..., 1975: Е. В. Коврижных, Д. Н. Сабуров и др.).

Гидрологические особенности карстовых районов Русской равнины, их подземного и поверхностного стока выяснены благодаря работам Б. И. Куделина, В. А. Балкова, О. Л. Марковой, а также в результате других исследований, выполненных по отдельным регионам. Поверхност-

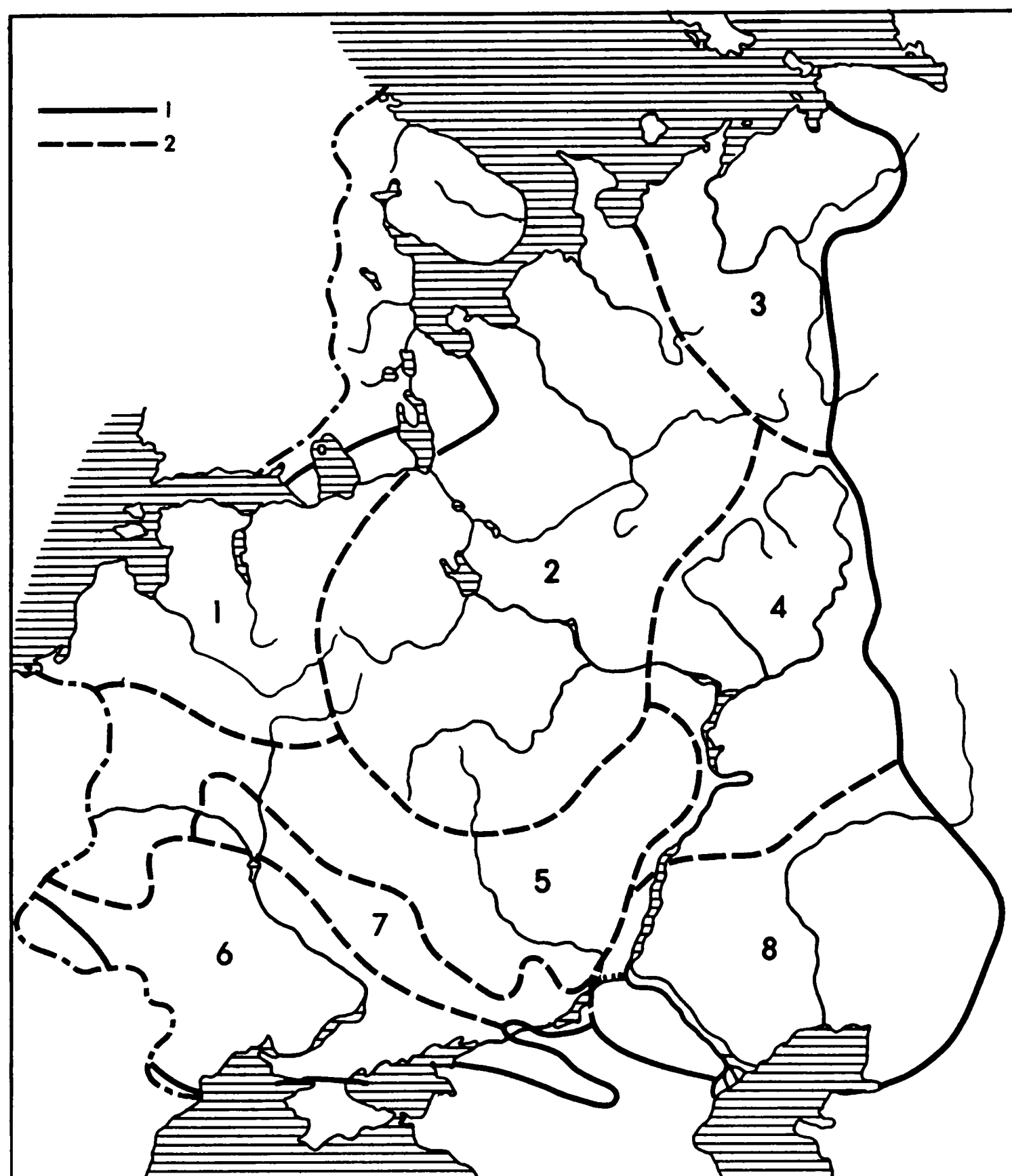
ный сток поглощается понорами в речных долинах, слепых балках, воронках и котловинах (особенно с постоянными водотоками, относящимися к типу полей, вроде Ворсинской) и переходит в подземный сток. Подземный же сток своим режимом напоминает речной сток, отличаясь от него некоторым запаздыванием максимумов и минимумов (Куделин, Карпова, 1968). Типично также несовпадение границ поверхностных и подземных водосборов.

По В. А. Балкову (1970), подземный водообмен между речными бассейнами может быть положительным и отрицательным. В первом случае повышаются норма годового стока, его внутригодовая зарегулированность и минимальный сток, зато снижаются изменчивость годового стока и модуль максимального стока. Во втором случае снижаются норма годового стока, его внутригодовая зарегулированность, модули максимального и минимального стока, но увеличивается коэффициент вариации годового стока.

К рекам с отрицательным подземным водообменом относятся главные притоки основных водных артерий, дренирующих карстовые районы, и те реки, которые целиком расположены на закарстованных территориях или пересекают их, с площадью водосборов менее 1000—2000 кв. км. На этих реках наблюдаются значительные потери стока в смежные речные водосборы и, как следствие, более низкая (по сравнению с некарстовыми реками) норма годового стока.

Рек с положительным подземным водообменом на Русской равнине немного. Это небольшие водотоки с площадью водосборов менее 500 кв. км, дренирующие подземные воды с территорий, которые значительно превышают их поверхностные водосборы. Они имеют высокую общую водность, и при интенсивной закарстованности территории их минимальный сток в 6—8 раз больше, чем у некарстовых рек.

Крупные реки карстовых районов с площадями водосборов свыше 1000—2000 кв. км дренируют большую часть стока, поглощенного в их бассейне понорами карстовых форм



7. Карстовые области Русской равнины.
По Н. А. Гвоздецкому и А. Г. Чикишеву

1 — граница карстовой страны, 2 — границы карстовых областей. Названия областей под соответствующими номерами выделены в тексте курсивом

и речных долин, и имеют вследствие этого более или менее замкнутый подземный водообмен. Норма их годового стока близка к зональной. Влияние карста проявляется в уменьшении половодья и максимальных расходов и в увеличении меженного и минимального стока (О. Л. Маркова). В условиях сильной закарстованности карст особенно заметно влияет на сток при малых площадях водосборов. С их увеличением отклонения величины стока по сравнению с зональной уменьшаются.

На Русской равнине не только теряется часть речного стока в карстующихся толщах горных пород, но и исчезают реки, причем часто они продолжают свой путь в виде подземного потока. Особенно большая длина подземного течения (почти 60 км) у р. Яман-Елга. Гидрологические исследования показали, что ее поверхностный водосбор почти соответствует подземному (В. И. Мартин). Карстовые воды растекаются из бассейна Яман-Елги в виде мощных карстовых родников, как, например, Красный ключ — один из крупнейших в мире

и крупнейший в СССР по величине среднего дебита. Этот источник, находящийся в левом борту долины р. Уфы, имеет, по данным В. И. Мартина, среднегодовой расход 12,46 куб. м/сек. Максимальный расход достигает 58 куб. м/сек.

Многочисленные *карстовые озера* представляют собой заполненные водой карстовые воронки и котловины. Некоторые воронки заполняются напорными водами восходящих источников. Только что упомянутый родник Красный ключ выходит из двух воронок. Диаметр основной из них — 70 м, глубина — 38 м. В Среднем Поволжье к озерам с восходящими источниками относятся самое глубокое из озер этого региона Табашинское в северной части Марийской АССР (800 на 400 м в плане, 53 м глубиной, из него вытекает р. Пижанка), а также Голубое озеро (г. Казань) с двумя карстовыми воронками на дне — Большой и Малой Пучинами, причем Большая Пучина (диаметром 50 м, глубиной 19 м) имеет восходящий карстовый источник. Восходящие карстовые источники питают и другие

озерные водоемы, относящиеся к группе Голубых озер (Ступишин, 1967). Есть на Русской равнине и периодически исчезающие карстовые озера, например оз. Городно на Валдайской возвышенности.

Русскую равнину рассматривают (Н. А. Гвоздецкий, Г. А. Максимович) в качестве наиболее крупной таксономической единицы районирования карста — карстовой страны. Внутри нее выделено восемь карстовых областей, включающих в совокупности 22 провинции и 57 округов (Вопросы изучения карста..., 1966; Гвоздецкий, 1972). Области показаны на карте (ил. 7).

На северо-западе располагается *Белорусско-Прибалтийская* карстовая область (1). В ее северной части, относящейся к южному крылу Балтийского щита, тянется полоса закарстованных известняков и доломитов силура и ордовика (острова Хийумаа, Сааремаа в Балтийском море, Северо-Эстонское плато, включающее Костивере, плато Ижорское и Волховское). Покров элювия и разного генезиса четвертичных отложений имеет малую мощность, а иногда, например на плато Костивере, частично отсутствует и там образовался своеобразный ландшафт полузадернованного известнякового карста, взятый под государственную охрану. Плато изборозжено трещинами, своеобразными воронками — ямами угловатоквадратной в плане формы ("ящикообразные", по А. Г. Чикишеву), с прямыми, разработанными по трещинам бортами, где выступают слои породы с навесами и нишами. Такой же характер носят и борта карстовых расщелин и суходолов. По наслоению выработаны низкие пещерные тоннели. Есть водопоглощающие воронки и слепые балки — "курису", подземные реки (А. Г. Чикишев, 1978; Heinsalu, 1958a, б). На Ижорском плато карстовые формы представлены многочисленными воронками, колодцеобразными провалами, понорами, суходолами. Карстовые озера отсутствуют. Зато в северной Литве есть озера, связанные с карстом в гипсоносных толщах верхнего девона (К. К. Белюкас). Распространены провальные воронки, в том числе

свежие, поноры, источники, есть исчезающие и подземные реки. Имеется погребенный гипсовый карст с покровом моренного суглинка (Narbutas, 1958). Развит также карбонатный карст в верхнепермских известняках и доломитах (бассейн р. Венты) и в породах верхнего девона по Западной Двине и др. (Региональное карстование, 1961: М. А. Кавецкис).

Крупнейшей карстовой областью Русской равнины является *Московско-Двинская* (2). Она соответствует огромной по площади Московской синеклизе, причем карст развит по ее северо-западному, западному, южному и юго-восточному крыльям и отчасти (по р. Сухоне) в осевой полосе. На севере, западе и юго-востоке закарстованы карбонатные и карбонатно-сульфатные (доломитово-гипсовые) отложения каменноугольного и пермского возраста, на юге — карбонатные толщи карбона и верхнего девона. В северной части области в соответствии со сменой каменноугольных пород пермскими к востоку повышается роль гипсового карста. Здесь выделяется обширная полоса Онего-Двинского и Двинско-Мезенского междуречий с интенсивно закарстованным Беломорско-Кулойским плато, охарактеризованные в классических дореволюционных работах Н. Н. Соболева, в монографии и статьях Н. П. Торсуева, А. Г. Чикишева. На севере этой полосы открыты перечисленные выше большие гипсовые пещеры, 2 — 5 км длиной, зато Кулогорская (Шаньгинская) гипсовая пещера, описанная в середине прошлого столетия А. Шренком, протяженность которой предполагалась в 12 км (Якушова, 1949), оказалась меньше. А. Г. Чикишев заснял в ней 1028 м ходов (Типы карста в СССР, 1965), а теперь глыбовым завалом она разделена на две части, из которых К-1 имеет длину 1270 м и К-2 — 480 м (Пещеры Пинево-Северодвинской карстовой области, 1974).

В наших предыдущих работах север описываемой области приводился в качестве примера положительного влияния дренирующей способности карста на ландшафт. На закарстованной территории Онего-Двинского междуречья меньше болот,

чем в смежных районах, плодороднее почвы, лучше качество леса. Заболоченность на севере области меняется даже в зависимости от степени закарстованности и типа карста. На юге Беломорско-Кулойского плато в слабо закарстованных известняках среднего карбона заболоченность составляет 38,6% площади территории, а в полосе сильно закарстованной артинско-кунгурской гипсово-ангидритовой толщи перми она снижается до 2,4% (Торсуев, 1967) и даже (по последним исследованиям того же автора) до 1,3%.

На Валдайской возвышенности карстовые явления развиты в пределах Карбонового Глинта и в долинах прорезающих его рек. В известняках и доломитах карбона развиты воронки, поноры, котловины, карстовые овраги и суходолы, подземные реки, карстовые озера, в том числе периодически исчезающие (Чикишев, 1978). К югу от Москвы распространен карст в каменноугольных отложениях, но особенно ярко он выражен в карбонатных толщах верхнего девона, образующих северо-восточную часть Среднерусской возвышенности. Здесь отмечается несколько периодов закарстовывания, происходивших в эпохи континентальных перерывов между морскими трансгрессиями, широко распространен погребенный, или ископаемый, карст. Покрытый известняковый и отчасти доломитовый карст, с воронками просасывания и провалами, часто развивающимися на дне балок и оврагов (размытых по системам трещин), со слепыми балками и исчезающими речками описан в работах А. А. Крубера, А. С. Козменко (хорошо показавшего гидрологическую и ландшафтообразующую роль карста), М. И. Давыдовой, В. Г. Елисеева, И. Н. Ежова, Ф. Н. Милькова и др. В многочисленных работах охарактеризован карст юго-восточного крыла Московской синеклизы, осложненного Окско-Цнинским и Алатырским валами. Коротко остановимся на четырех районах, известных автору по личным исследованиям.

К Окско-Цнинскому валу приурочен район правобережья Оки в окрестностях Касимова, где закарстованы

известняки и отчасти доломиты среднего и верхнего карбона, прикрытые сверху мореной днепровского оледенения. Плотность поверхностных карстовых форм — воронок, часто объединяющихся в цепи, сложных ванн, блюдцев, слепых балок — наибольшая там, где тоньше покров морены. Воронки, ванны и слепые балки мешают распашке территории. В осевой зоне северной оконечности Окско-Цнинского вала, где выходят известняки и доломиты верхнекаменноугольного возраста, и на его восточном крыле, где карбон сменяется карбонатными породами перми с прослоями и линзами гипса, располагается Ковровское плато. В этом районе среди полей и в лесу встречаются воронки, сложные котловины, слепые балки. Попадаются свежие провалы. Эрозионные долины представляют собой суходолы, лишенные даже мелких ручьев (постоянные водотоки имеют только самые крупные притоки Клязьмы — реки Нерехта и Тара). Обширные участки плато слабо освоены земледельчески, велика облесенность территории. На севере, в районе левобережья Клязьмы (бас. р. Шижигды), интенсивно развит главным образом гипсовый карст с многочисленными провалами, с сухими, заболоченными днищами и с озерами. Некоторые провалы образовались сравнительно недавно (в 1935—1939 гг.). Из-за сильной закарстованности этот район земледельчески не освоен и отличается большой лесистостью (Региональное карстоведение, 1958).

Разнообразие карстовых явлений наблюдается в районе северо-западной части Приволжской возвышенности, на Муромско-Павловском правобережье р. Оки. Карстующиеся пермские отложения образуют здесь ряд структур, определяющих расположение у поверхности то известняков и доломитов казанского яруса, то пород нижнепермской гипсово-ангидритовой толщи. Поэтому типично выражен и карбонатный и гипсовый карст. Но гипсовый карст развит интенсивнее, и формы его ярче (ил. 8). Выше упоминалось о цепи крупных провалов и большой сложной котловине у с. Болотникова. В сходных

8. Воронки гипсового карста на Муромско-Павловском правобережье р. Оки.



Фото Н. А. Гвоздецкого

9. Карстовое озеро в долине р. Теши.



Фото Н. А. Гвоздецкого

котловинах находятся карстовые озера в долине р. Теши (ил. 9) и на междуречье Теши и Сereжи — цепь озер, включающая озера Кучинское, Большое (1500 на 800 м), Чарское, Сарское. Много свежих провалов в гипсах. Провал на междуречье Теши и Сereжи образовался в 1957 г. Его диаметр 70—80 м, а высота отвесных бортов над озерком в глубине 20—27 м (Гвоздецкий, Спиридонов, 1971).

Тимано-Печорская карстовая область (3) охватывает Тиманский кряж и Печорскую синеклизу. На Тимане закарстованы известняки и доломиты верхнего протерозоя, девонские гипсоносные и карбонатные породы, карбонатные толщи камен-

ноугольной системы, доломитизированные известняки и сульфатные породы нижней перми. Наиболее закарстован Южный Тиман. Распространение карста определяется строением Тиманского антиклинория, наличием структур разного порядка, вплоть до локальных поднятий, мелких брахиантиклиналей. В тектонических депрессиях карстуются лишь гипсы и ангидриты. Сложность кайнозойского этапа развития отразилась в этажности карста придолинных зон. На Тимане и в Притиманье отмечены многочисленные воронки (типа просасывания на междуречьях, поверхностного выщелачивания в долинах), карстовые озера, котловины, слепые

лога, суходолы. Гидрографическая сеть в районах карстующихся пород разрежена (Горбунова, 1977; Торсуев, 1975). В подняттии Чернова в Большеземельской тундре карст развит на поверхности силурийских, девонских и каменноугольных карбонатных отложений. Карстовые формы представлены рвами, нишами и пещерами, арками, единичными воронками и своеобразными каррами (рябь, ячеи, крупные лунки). Карст развивается здесь в условиях мерзлоты (Чермных, Юшкин, 1967).

Средневожско-Камская область (4) приурочена к Волго-Уральской антеклизе и объединяет структуры Татарского свода и Соко-Жигулевских поднятий на западе, Пермского свода (включающего Краснокамско-Полазнинский вал), Башкирского и Шпаковско-Ромашкинского сводов на восточной окраине Русской равнины. В двух первых структурах, относящихся к Среднему Поволжью, закарстованы известняки верхнего карбона (Жигули), нижнепермские отложения с преобладанием интенсивно карстующихся гипсов и ангидритов, а также доломитов, однако характер поверхностного карста в основном определяется здесь "карстованием известняков, доломитов и линз гипсов казанского яруса" (Ступишин, 1967, с. 69). В распределении карста помимо названных главных структур большая роль принадлежит тектоническим поднятиям (валы, или плакантиклинали; антиклинальные структуры, брахиантиклинали), где денудацией срезаны залегающие стратиграфически выше некарстующиеся породы татарского яруса и нередко выведены к поверхности наиболее карстующиеся сульфатные толщи нижней перми. Карст Среднего Поволжья всесторонне описан казанскими геологами Б. В. Селивановским и С. Г. Каштановым, М. С. Кавевым, а также географами А. В. Ступишиным, Н. Н. Лаптевой, А. Г. Мусиным и др. Выше были приведены некоторые примеры изученных этими исследователями карстовых форм. Выяснялись закономерности распространения древнего ископаемого карста.

Восточная окраина Русской равнины характеризуется еще большим

преобладанием гипсового карста в породах пермской системы. Карстуются преимущественно кунгурские гипсы и ангидриты, в меньшей степени — переслаивающиеся с ними известняки и доломиты, а также нижнепермские известняки и частично доломиты, образующие платообразную полосу структуры Уфимского вала, т. е. осевую часть Уфимского плато. Карст Уфимского плато охарактеризован еще в известных работах В. А. Варсанюфьевой дореволюционного периода. В советское время карст восточной окраины Русской равнины широко освещался в работах пермских и уфимских карстоведов: Г. А. Максимовича, К. А. Горбуновой, К. Г. Бутыриной, Р. В. Яценко, Г. В. Вахрушева, Е. А. Лушниковой, И. К. Кудряшова, В. И. Мартина и др.

Автору книги по личным наблюдениям знакомы районы Кунгурской пещеры и долины Аургазы в Башкирии. Кунгурская пещера, расположенная на берегу р. Сылвы, у г. Кунгура, образована в гипсах и ангидритах кунгурского яруса. Передняя часть ее, до грота Дружбы народов с Большим подземным озером, оборудована для туристического осмотра (маршрут 1,5 км длиной). Крупные размеры гротов, разнообразные и иногда изящные скульптуры на стенах (ажурная резьба подземных карров), хаотические нагромождения обвалившихся глыб породы, но самое интересное в пещере — ледяные образования передних гротов: ледяные кристаллы на стенах, наплывы льда на полу, ледопады, сталактиты, сталагмиты, сталагматы (ил. 10). Прежде красотой ледяных кристаллов особенно славился ближайший к входу Бриллиантовый грот, но теперь кристаллы лучше в Полярном гроте, богаче он и другими ледяными образованиями; в сентябре 1974 г. они проникали в глубь пещеры вплоть до Крестового грота. Большую часть пещеры составляют заозерные проходы и гроты. Среди них — грот Географов, самый крупный (длина — 155 м, ширина — 32 м). Всего в пещере 58 гротов, около 30 органных труб (до 6 м в поперечнике). Толща пород над пещерными полостями достигает 52 м мощности.

Над пещерой, на высоте 80 м над р. Сылвой, находится плато с поверхностными формами гипсового карста — Ледяная гора. Здесь много глубоких крутосклонных воронок с выходами гипса по бортам. Воронки до 50 м в диаметре (большой частью до 30—40 м) и до 15—18 м глубиной. Плотность воронок доходит до 350 на 1 кв. км. Выяснено, что отдельные воронки расположены над определенными залами ("гротами") пещеры. Есть небольшие свежие провалы (1971 и 1974 гг.). На плато встречаются березы, посадки сосны, но в общем поверхность Ледяной горы степная (известная Кунгурская лесостепь), произрастает около 60 видов степных растений, некоторые из них эндемичны.

В долине р. Аургазы в Башкирии было интересно осмотреть Курманевскую гипсовую пещеру в историческом плане, поскольку эта пещера посещалась во второй половине XVIII в. И. И. Лепехиным. Но еще интереснее развивающийся здесь на правом коренном берегу долины почти голый (частично задернованный) гипсовый карст. В верхней

части степного откоса коренного берега наблюдаются группы глубоких воронок с узкими перемычками между ними. Среди обнажающихся всюду гипсов на фоне ковыльной степи в воронках растут березки, оживляя ландшафт и придавая ему пестроту. У края плато воронки становятся глубже и представляют собой округлые и овальные колодцеобразные формы. Борта их настолько крутые, отвесные, а иногда и нависающие, что спуститься в них без веревки невозможно, хотя глубина и небольшая — до 9 м. Диаметр меньше глубины — 4 м (при глубине 8 м) и 6 м (при глубине 9 м). Эти колодцеобразные воронки иногда так близко располагаются друг к другу, что их разделяют тонкие (иногда не более 20 см) вертикальные стенки из гипса. В обрывах и на крутых откосах гипсовых бортов колодцев намечаются карровые борозды. В некоторых колодцеобразных воронках еще лежал снег, хотя был конец мая.

В одном месте долины р. Аургазы прорвалась через гипсовый отрог правого коренного берега, оставив конец отрога на левом берегу в виде

10. Ледяные образования в Кунгурской пещере.
Фото А. Г. Чикишева



останца с оригинальными фигурными формами выщелачивания и выветривания гипсов (наверху останца будто лежит животное с поднятой головой) и со сквозным отверстием (под брюхом животного). В обрывах коренного берега и останцового массива отседают глыбы гипса.

Полесско-Приволжская область (5) тянется в южной половине Русской равнины от Припятского прогиба и Белорусской антеклизы на западе через Воронежскую антеклизу (южная половина Среднерусской и Калачская возвышенности) к Ульяновско-Саратовскому прогибу (занимает значительную часть Приволжской возвышенности) на востоке. Это область развития мелового карста, которая освещена в работах Н. В. Родионова, М. А. Зубащенко и наиболее подробно изучена в пределах Среднерусской и Калачской возвышенностей (В. Б. Михно, Ф. Н. Мильков). Помимо разнообразных форм современного мелового карста (колотцы, западины, воронки, котловины, карры) широко распространен погребенный (ископаемый) меловой карст (А. А. Дубянский, Р. В. Красненков). Автор книги наблюдал его вместе с В. К. Жучковой в Фокинском карьере Брянской области, где в кровле туронского писчего мела были вскрыты заполненные темно-бурым суглинистым материалом со щебенкой мела полости, карманы и воронки, до 3—5 м глубиной и 3—4 м диаметром (ил. 11).

Молдавско-Украинская область (6) занимает юго-западную окраину Русской равнины, охватывая территории Подолии, Молдавии и Причерноморскую впадину. Геологические условия развития карста и характер его в этой области довольно разнородны (Карст Украины, 1970: О. О. Ломаев и др.). Во многих карстовых округах и районах распространен карбонатный карст (Б. Н. Иванов). В пределах Украинского щита карстуются протерозойские породы платформенного основания, в платформенном чехле — верхнемеловые известняки, неогеновые рифовые известняки толтровых гряд, неогеновые известняки-ракушечники Причерноморской впадины (особенно понтические), слоистые, ка-



11. Воронка ископаемого мелового карста, вскрытая Фокинским карьером в Брянской области.
Фото В. К. Жучковой

вернозные, причем кавернозность рассматривается как проявление карстового процесса. В западной части Молдавии имеются и формы гипсового карста, образованные выщелачиванием пластовых линз гипса в отложениях второго средиземноморского яруса (И. А. Клевцов).

Наиболее интересен на территории области Подольский округ, в который включены Приднестровская Подолия и Буковина с громадными решетчатыми лабиринтами пещер, размеры которых приведены выше. Сложнейшие лабиринты пещерных систем (ил. 5, 6) разработаны в гипсо-ангидритовой толще днестровско-ратинского горизонта прутского (верхнетортонского) яруса. Эта толща сверху прикрыта плотными хемогенными известняками верхней части того же горизонта и слоистыми известняками пронятинского горизонта. Известняки, покрывающие интенсивно карстующиеся гипсы и ангидриты, образуют прочную кровлю, позволяющую развиваться сложной сети подземных лабиринтов. Если бы такая

кровля отсутствовала, гипсовые своды пещер могли бы быстро обрушиться, что мы и наблюдали в районах гипсового карста Польши (бассейн р. Ниды). На основании этого гипсово-ангидритовый карст Приднестровской Подолии мы отнесли к типу бронированного. Выяснены основные этапы формирования пещер в связи с геоморфологическим развитием территории (Дублянский, Смольников, 1969). Кристалльная пещера электрифицирована и в ближней к входу части оборудована для туристического осмотра.

Из поверхностных форм карста в Приднестровской Подолии распространены воронки, блюдца, котловины, поноры, колодцы, карры, суходолы. В обрывах карстующихся пород есть ниши. Карьеры и горные разработки в тортонских гипсах вскрывают формы древнего, ископаемого, карста (Чикишев, 1978).

В Подольском округе закарстованы (гораздо слабее, чем гипсы) и тортонские известняки, особенно "обнаженные известняки полосы толтровых гряд" (Родионов, 1963, с. 100).

Украинско-Донецкая область (7) имеет необычные для платформы условия развития карста. Он приурочен здесь к глубокому прогибу Днепровско-Донецкой впадины и к складчатым структурам Донецкого бассейна, образующим на поверхности невысокий Донецкий кряж. В Днепровско-Донецкой впадине среди залегающих на большой глубине девонских отложений имеются каменная соль и гипс. Поэтому здесь распространены солянокупольные структуры, иногда выраженные в рельефе. В соляных куполах, закрытых и открытых, развивается соляной карст, что проявляется в образовании брекчий выщелачивания (Родионов, 1963). В Бахмутской котловине, расположенной на северо-западе Донбасса, соляная толща относится к нижней перми. Из-за добычи рассолов здесь развивается антропогенный соляной карст: просадка поверхности на Карфагенском и Славянском рассолопромыслах, по краю зоны выщелачивания возникают провальные воронки, образуются трещины (Дзенс-Литовский, 1966; Специальные во-

просы карстоведения, 1962: А. Е. Ходьков).

Донецкий кряж сложен смятыми в складки палеозойскими и мезозойскими отложениями. Карст находится здесь преимущественно в нижнекаменноугольных известняках и на одном из участков представляет собой сплошной известняковый массив. Из поверхностных карстовых форм развиты карры, воронки, поноры, суходолы, небольшие пещеры. Многочисленны мелкие углубления (до 40 см диаметром) и расширенные трещины (Карст Украины, 1970: Б. О. Корженівський; Парфенюк, 1973). Соляной карст Днепровско-Донецкой впадины и Донецкого бассейна сопровождается гипсовым.

Нижневолжско-Уральская область (8) включает в себя Предуральский периклинальный прогиб с Илецким соляным куполом, выделяющимся среди степной равнины Гипсовой горой, и Прикаспийскую синеклизу с Прибаскунчакским и Индерско-Эмбенским карстовыми округами. Останец Илецкого соляного купола в виде гипсовой горы интенсивно закарстован. Выщелачивание соли вызывает на поверхности купола карстовые просадки, однако провальные воронки и озера сейчас в основном результат горных работ (Горбунова, 1977).

В Индерско-Эмбенском округе, изобилующем соляными куполами, наиболее выразителен карст у оз. Индер. Здесь развит описанный З. В. Яцкевич, М. Н. Годлевским и другими исследователями голый гипсовый и соляной карст, с каррами, воронками, понорами, котловинами, карстовыми оврагами, пещерами.

В Прибаскунчакском карстовом округе карст связан с солянокупольными структурами, в ядрах которых выведены на поверхность, как и в предыдущих случаях, нижнепермские гипсы и каменная соль. Гипсовый карст в этом округе известен в окрестностях оз. Баскунчак, в районе горы Малое Богдо (по данным А. Н. Семихатова, здесь есть и соляной карст), на Бишчохо. По Л. Н. Морозову и С. А. Свидзинскому, гипсовый и соляной карст распространен на Эльтонском соляном куполе.

Карстовый район окрестностей оз. Баскунчак представляет собой поле закарстованных гипсов, окаймляющих котловину озера с запада, севера и северо-востока. Участок гипсового карста имеется и с южной стороны озера, в урочище Шор-Булак, к юго-востоку от горы Большое Богдо. Гипсы размыты с поверхности и покрыты тонким чехлом древнекаспийских отложений, поэтому карст этого района может быть отнесен к типу покрытого. На поверхности многочисленны провальные воронки, есть поноры в балках, котловины, образованные соединением ряда воронок. Характерная для района асимметрия воронок объясняется ролью талых снеговых вод. В глубине воронок в гипсовых стенках имеются пещерные ходы, ведущие в разработанные по наслоению полости (Гвоздецкий, 1953). Наибольшая из обследованных пещер района достигает 340—350 м длины (А. А. Геденов).

В биоспелеологическом отношении Русская равнина не представляет особого интереса. Ее подземная фауна (пещер и грунтовых вод), по данным Я. А. Бирштейна и С. И. Левушкина, бедна и мало специфична. Вместе с тем карстовые районы Русской равнины, по мнению О. Н. Бадера, "представляют определенный археологический интерес" (Вопросы изучения карста..., 1966, с. 122).

Народнохозяйственное значение карста Русской равнины велико и разнообразно. В закарстованных породах сооружено много плотин и водохранилищ: на реках Волхове, Сызрани, Белой (Белорецкое водохранилище, созданное еще в XVIII в.), Уфе (Павловская ГЭС), Каме (Камская ГЭС), Волге (Куйбышевская ГЭС), Днепре (Каховский гидроузел), на реках Прибалтики (Плявинская ГЭС, Нарвский гидроузел). Их проектирование, строительство, а в некоторых случаях и эксплуатация сопровождались исследованиями карста (Гвоздецкий, 1972; Лыкошин, 1968).

Особенно длительным и, по мнению И. В. Попова, плодотворным было изучение карста Самарской Луки на Волге, начатое по заданию Волго-строя еще в начале 30-х годов под

руководством А. С. Баркова. В связи с тектонической и карстовой нарушенностью пород плотина Куйбышевской ГЭС, которую намечали создать на скальном основании, была построена на глинах кинельского возраста в неогеновой протоке реки. В данном случае был осуществлен "уход" от карста и место сооружения плотины было перенесено вверх по речной долине.

С карстовыми явлениями сталкивались при создании на Русской равнине, особенно в ее центральных черноземных областях, малых водоемов—прудов (Родионов, 1958). На Камском водохранилище пришлось изучать скорость отступления береговых обрывов (за счет выщелачивания гипсов) и устойчивость побережий (И. А. Печеркин).

Промышленное и гражданское строительство в карстовых районах Русской равнины тоже требовало инженерно-геологических исследований. Особенно сложные условия были в районах гипсового карста восточной половины Русской равнины: в Уфе и ее окрестностях, на участках, прилегающих к Кунгуру, в Альметьевске, неподалеку от упоминавшегося выше Акташского провала, в Держинске (низовье р. Оки) и в Казани в связи с созданием Куйбышевской плотины и водохранилища, разлившегося вверх по Волге и по Каме и вызвавшего подпор грунтовых вод (Гвоздецкий, 1972; Ильин и др., 1960; Лукин, Ежов, 1975; Родионов, 1958).

Закарстованные территории, характерные практически почти для всей Русской равнины, которая обладает большой и постоянно сгущающейся сетью железных дорог, сильно осложняют проектирование, строительство дорог и их эксплуатацию. Давно наблюдались и исследовались провалы в мелу и мелоподобных мергелях на одном из участков железнодорожной линии в западной части Украины, в карбонатных и сульфатных отложениях на севере Русской равнины (вдоль Вологодско-Архангельской железнодорожной магистрали), в Самарском Заволжье, в гипсах Уфимского косогора, на участках гипсового карста других

районов Востока Русской равнины и Приуралья. Теперь эти явления распространились на Белоруссию и Латвию, центральную часть Русской равнины и все Среднее Поволжье, магистраль Москва — Ростов Донецкой железной дороги и т.д. (Гвоздецкий, 1972; Проектирование, строительство и эксплуатация..., 1968).

При проектировании высоковольтных линий электропередач с тяжелыми опорами на участках гипсового карста восточных районов Русской равнины (в Пермской области и Башкирской АССР) тоже требовались исследования карста с применением бурения и геофизических методов.

В ряде районов Русской равнины карст влияет на разработку месторождений полезных ископаемых, большей частью осложняя ее, но иногда оказывая и положительное воздействие. К таким районам относятся восточная часть Донбасса, Подмосковский буроугольный бассейн (где карст играет двойную роль), Прибалтийский сланцевый бассейн с Эстонским и Ленинградским месторождениями (Газизов, 1971; Гвоздецкий, 1972; Специальные вопросы карстоведения, 1962: М.С. Газизов, В.В. Левыкин, Е.В. Михайлова; Хейнсалу, Андра, 1975). На одной из шахт Криворожского железорудного бассейна происходит интенсивный вынос песчано-глинистого материала из закарстованных пород в горные выработки, осложняющий проведение горных работ (Б.М. Гамалей). Нормальный ход разработки каменной и калийных солей на Русской равнине нарушается быстро развивающимся соляным карстом (Дзенс-Литовский, 1966; Короткевич, 1970).

Особенно большое практическое значение имеет приуроченность ряда нефтяных и газовых месторождений Русской равнины к карбонатным карстовым коллекторам. Продуктивные глубинные кавернозные зоны и рифовые нефтегазоносные известняки широко распространены в восточной половине Русской равнины (в карбонатных отложениях палеозоя Волго-Уральской нефтегазоносной провинции), в Припятской впадине, Днепровско-Донецкой нефтегазоносной области и на Волыно-Подольской

окраине Русской платформы (Карст и его народнохозяйственное значение, 1964: В.Н. Дахнов и А.П. Лебедев, Г.А. Максимович; Карстовые коллекторы нефти и газа, 1973).

Из других полезных ископаемых с карстом на Русской равнине связаны железные руды некоторых месторождений, известковые бокситы центральных районов в кровле каменноугольных известняков, каменный уголь (северо-западные районы Башкирии), бурые угли (в восточной части Уфимского плато, в Днепровско-Донецкой впадине, на северо-западной окраине Донбасса), огнеупорные глины (Гжель) и пр. Своеобразным полезным ископаемым, связанным с карстом, являются минеральные воды восточной и юго-западной (по границе с Предкарпатским краевым прогибом) окраин Русской равнины, Прибалтики, Среднего Поволжья и др. (Карст Урала и Приуралья, 1968: Г.А. Максимович и др.; Максимович, Шестов, Шурубор, 1969).

За счет карстовых вод многие районы Русской равнины снабжаются водой: в Эстонии, Ленинградской области, в том числе город Ленинград, в Белоруссии и на Украине, в центральных областях и Среднем Поволжье, на восточной окраине Русской равнины, в частности в Пермской области. В ряде районов, например в одном из районов лесостепной провинции Среднерусской возвышенности (по результатам исследований А.С. Козменко), карст играет положительную гидрогеологическую роль. Для водоснабжения, полива огородных культур, водопоя скота, рыбного хозяйства используются карстовые озера.

Сведение лесов неблагоприятно сказывается на гидрологическом режиме карстовых районов. Поэтому целесообразно не только сохранять леса, но и искусственно засаживать лесом закарстованные участки, на что указали исследования на Среднерусской возвышенности (А.С. Козменко) и в Башкирии (И.К. Кудряшов). По-разному влияет карст на сельскохозяйственное использование территорий. Для районов Русской равнины это показано на примерах Нечерноземного Центра, Татарии, Башкирии,

Северо-Эстонского плато и др. (Васильев, 1966; Карст и его народнохозяйственное значение, 1964: Е. Д. Смирнова, И. К. Кудряшов).

УРАЛ

Уральская карстовая страна включает в себя Предуральский краевой прогиб, отделяющий собственно Урал от восточной окраины Русской платформы, горную складчатую систему Урала со структурами герцинского возраста, а также некоторые структуры по существу уже платформенной области Зауральского пенеплена, выработанного на герцинской складчатой основе.

Закономерности распространения карста Урала и его особенности освещены в работах Г. А. Максимовича, Г. В. Вахрушева, К. А. Горбуновой, М. Н. Гевирц, В. П. Костарева, В. И. Мартина, Г. В. Пospelовой, А. Д. Сысоева, А. Г. Чикишева, Н. П. Шелковской и других исследователей. Специальные сборники с участием многих авторов посвящены карсту Урала и Приуралья (1968) и Башкирии (1971). Для территории Урала имеются опыты подсчета скорости карстовой денудации. В пределах Пермской области, по данным Е. А. Кротовой, она достигает 43,2 мм/1000 лет в карбонатном карсте и 303,5 мм/1000 лет — в гипсовом (Гвоздецкий, 1972). Сравнительные данные об активности карстовых процессов в процентном выражении приводят Г. А. Максимович и Е. А. Кротова (1975).

Районирование карста Урала на фоне всей территории Советского Союза было дано Г. А. Максимовичем. Попытка районирования карста Урала и Приуралья в свое время (1956 г.) была предпринята Е. А. Лушниковым. Районирование карста Урала дали Г. А. Максимович и В. П. Костарев, И. В. Попов и А. Г. Чикишев. Районирование карста отдельных частей Урала выполнено К. А. Горбуновой (Пермская обл.), Г. В. Вахрушевым, Е. А. Лушниковым, И. К. Кудряшовым (Башкирия), Г. В. Пospelовой (Оренбургская обл.), А. Г. Чикишевым (Средний Урал), В. Н. Дубовик, Н. П. Шелковской (Челябинская обл.).

Для Урала характерна вытянутость региональных карстовых единиц в меридиональном направлении соответственно простиранию тектонических структур. Интересно сопоставить районирование карста в пределах Уральской карстовой страны, данное в работах Г. А. Максимовича с соавторами (Типы карста..., 1965; Карст Урала и Приуралья, 1968; Максимович, Костарев, 1973) и в работах А. Г. Чикишева (1967), И. В. Попова и А. Г. Чикишева (1971). В первой группе работ в качестве главных, т. е. следующих за карстовой страной по рангу, единиц ("провинций") выделены меридиональные полосы — Предуральская, Западно-Уральская, Центральноуральская, Тагило-Магнитогорская, Восточно-Уральская. Это деление подчеркивает тектоническую и литолого-тектоническую обусловленность важнейших карстовых регионов Урала. В работах двух последних авторов, наоборот, в качестве главных, следующих за страной по рангу, единиц ("областей") выделяются разноширотные отрезки меридиональной полосы Урала: области Пайхойская, Заполярноуральская, Полярноуральская, Северо-Уральская, Среднеуральская, Южно-Уральская; этим как бы подчеркивается первостепенное значение физико-географических факторов формирования карста.

Из высказанных выше принципиальных положений о районировании карста более правомерным представляется нам выдвижение на первый план тектонических и литолого-геологических особенностей. Трудно сказать без проведения специального исследования, все ли из выделенных Г. А. Максимовичем с соавторами меридиональных полос нужно считать *главными* региональными единицами Уральской карстовой страны? Во всяком случае полосы Предуральского краевого прогиба, складчатой горной системы Урала и Зауральской платформенной области с неперекрытыми герцинскими структурами должны находиться на первом плане.

Предуральский прогиб, протянувшийся вдоль западного склона Урала, представляет собой систему глубоких впадин, местами прерывающуюся

крупными положительными структурами. Как и на восточной окраине Русской равнины, в области Предуралья широко развит гипсовый и частично соляной карст, связанный с выщелачиванием гипсов, ангидритов и солей, преимущественно кунгурского яруса, отчасти казанского и сакмарско-артинских отложений перми (Горбунова, 1977). Распространен здесь также и карбонатный карст, образованный в известняках и доломитах силура, девона и карбона (на севере и в каратауском тектоническом комплексе, где карстуются даже карбонатные породы верхнего протерозоя и кембрия). Закарстованы также нижнепермские известняки и доломиты. В артинских известняках в крутосклонном увале на правом берегу р. Колвы выработана известная Дивья пещера суммарной длиной 3240 м (Максимович, Костарев, 1973; Чикишев, 1967, 1973б). Разнообразны и интенсивно развиты, особенно в гипсовом карсте, поверхностные карстовые формы, многочисленны карстовые озера, источники, встречаются исчезающие реки и суходолы.

Для складчатой горной системы Урала характерен преимущественно карбонатный карст. Наиболее широко он распространен на западном склоне Урала, где приурочен к средне- и верхнепалеозойским известнякам (интенсивнее всего закарстованы визейские). Общая мощность карстующихся карбонатных пород силура, девона, карбона и нижней перми достигает 4000 м (Максимович, Костарев, 1973). Породы сильно дислоцированы, смяты в линейные складки, трещиноваты. В осевой полосе складчатого Урала и на восточном склоне карст распространен меньше. Он развит здесь в метаморфизованных палеозойских и отчасти докембрийских известняках, протягивающихся сравнительно узкими меридиональными полосами среди эффузивных и терригенных пород. Наиболее интенсивно закарстованы и здесь визейские известняки. Такая же в общем картина наблюдается и в Зауралье (Максимович, Костарев, 1973; Попов, Чикишев, 1971).

Из карстовых форм в Уральской карстовой стране широко распространены воронки, цепи слившихся воронок, котловины (в гипсовом и соляном карсте Предуралья крупные котловины — "депрессии" с поперечником до 10 — 15 км), карстовые лога, суходолы, слепые долины, карстовые мосты и арки, закарстованные трещины, карстовые колодцы, поноры, глубинные карстовые полости. Много пещер. На западном склоне Южного Урала находится крупнейшая на Урале Сумганская пещера (8,2 км длиной). Она начинается шахтой глубиной 70 м и изобилует натежно-капельными и сезонными, а местами постоянными ледяными образованиями (Максимович, Костарев, 1973; Чикишев, 1973б). На Южном Урале есть Хлебодаровская пещера (2854 м) и известная Капова пещера (2000 м), в которой найдены рисунки доисторического человека: изображения лошади, мамонта и носорога, относящиеся к верхнему палеолиту (Бадер, 1965; Кудряшов, 1969).

На Урале часто встречаются карстовые озера, исчезающие реки и ручьи, карстовые источники. Карст приурочен к зонам интенсивной трещиноватости, появившейся в результате разломов и складчатости. Он энергично развивается вдоль контактов растворимых пород с нерастворимыми, а также в прорезающих карстующиеся породы участках речных долин.

Типы карста Урала довольно разнообразны. В Предуральском крае прогибе широко распространен покрытый и задернованный гипсовый, отчасти соляной карст. В горной Уральской складчатой области и в Полярном Предуралье развит преимущественно покрытый и задернованный карбонатный карст в палеозойских известняках и доломитах (Е. М. Тимофеев). На севере карст образовался в области вечной мерзлоты (Максимович, Костарев, 1973). Предполагают, что крупные поверхностные формы карста возникли здесь до ее образования (Родионов, 1963). Голый карст встречается небольшими участками и в целом не характерен для Урала, лишь местами можно



12. Капова пещера.
Изображение лошади.
По О. Н. Бадеру
(1965)



13. Изображение
мамонта в Каповой
пещере.
По О. Н. Бадеру
(1965)

14. Фигура носорога
в Каповой пещере.
По О. Н. Бадеру
(1965)

увидеть мелкие карровые поля. Чрезвычайно широко развит погребенный карст. На Среднем Урале, в районе г. Верхний Уфалей (Челябинская обл.), описаны формы древнего (мезозойского) погребенного тропического останцового карста в известняках и мраморах (В. Н. Дубовик).

Народнохозяйственное значение карста Урала определяется главным

образом его ролью в горнодобывающей промышленности и в водоснабжении. Кизеловское угольное месторождение и Северо-Уральские бокситовые рудники (СУБР) — классические примеры, показывающие, как сильно осложняется добыча полезных ископаемых из-за притока карстовых вод в шахты и горные выработки. Многие полезные ископаемые



Урала приурочены к погребенным карстовым формам и нередко связаны с карстом генетически: железные, никелевые и марганцевые руды, бокситы, фосфориты, месторождения каолинов, огнеупорных глин, минеральных красок, залежи нефти и газа, приуроченные к карстовым коллекторам, буроугольные и каменноугольные месторождения, торф, минеральные воды (Гвоздецкий, 1954, 1972; Карст и его народнохозяйственное значение, 1964; Карст Урала и Приуралья, 1968; Карстовые коллекторы..., 1973).

Громадное значение карста в водоснабжении отмечено для многих районов Урала (А. Г. Чикишев, Н. П. Шелковская и др.). Наличие карста должно учитываться и при проектировании гидротехнических сооружений (Е. М. Тимофеев). Гипсовый карст Предуральского прогиба осложняет гражданское строительство и вызывает деформацию зданий, например в районе ст. Чусовская, возможность образования провалов затрудняет создание линий электропередач, эксплуатацию железных дорог (Проектирование, строительство и эксплуатация..., 1968; И. И. Пресняков и В. И. Агашков).

КАРПАТЫ И ПРИКАРПАТЬЕ

В горной системе Карпат в пределах СССР (так называемые Восточные, или Украинские, Карпаты) в силу литологических особенностей (преобладание флишевых толщ) карст распространен ограниченно. Он развит преимущественно в Северной зоне утесов (клиппены) в рифогенных известняках и известковых брекчиях верхней юры (титон), доломитах и доломитовых известняках среднего триаса. Скорость карстовой денудации — 21,8 мм/1000 лет (Dubljanskij, 1977).

Поскольку рельеф сильно расчленен и площадь выходов карстующихся пород сравнительно мала, типичные поверхностные формы карста здесь не выражены (за исключением желобковых карров, изредка встречающихся на южных склонах утесов), однако пещеры имеются, причем многие из них украшены натечно-капельными образованиями. Наибольшая из известных пещер — Дружба — начинается 20-метровой глубины провалом и представляет систему горизонтальных, наклонных и вертикальных ходов с суммарной длиной 220 м. Среди ее натечно-капельных образований есть геликтиты. В утесе пещеры Дружба имеются два изолированных

водотока, что подтверждено окрашиванием воды флуоресцеином. Другие пещеры Северной зоны утесов: Молочный Камень, система Белых Стен, состоящая из трех пещер, Белокаменная с просторными овальными коридорами вдоль трещин, Прекрасная, Жемчужная. Из других форм известнякового карста в зоне утесов интересен естественный мост, известный под названием Каменного моста, 15 м длиной и 20 м шириной (Дублянский, Шутов, 1968; Dubijanskij, 1977).

В низкогорной зоне Закарпатья на Солотвинском соляном куполе, расположенном в Верхнетиссенской впадине — части предгорного прогиба внутренней области складчатой горной дуги Карпат, интенсивно развит соляной карст. Соляные структуры Верхнетиссенской впадины приурочены к миоценовым отложениям. Карстовые формы представлены каррами, пирамидальными останцами и соляными грибами, просадочными и провальными воронками, понорами, котловинами оседания, зияющими трещинами, колодцами, вертикальными ходами, пещерами. Условия для развития карста возникли в позднем плиоцене в период поднятия соляного штока из недр, когда его вершина оказалась в зоне активной циркуляции подземных вод. Вследствие промышленной разработки месторождения произошло оживление карстового процесса, стал интенсивно развиваться антропогенный карст, возникли карстовые озера (Горбунова, 1977; Дзенс-Литовский, 1966; Короткевич, 1970). В литературе отмечалось заложение глубинных полостей Солотвинского купола вдоль контакта его с некарстующимися отложениями окружающей местности и большое геоморфологическое значение соляного карста Верхнетиссенской впадины (Региональное карстование, 1961: Б.Н. Иванов, С.М. Кореневский).

Во внешнем (северном) Предкарпатском краевом прогибе также местами развит соляной карст, например в Домбровской линзообразной залежи калийных солей (В.П. Николишин).

Соляной карст предгорных прогибов оказывает отрицательное прак-

тическое воздействие, поскольку интенсивная закарстованность служит основным препятствием для разработки Солотвинского и Домбровского соляных месторождений. На Солотвинском месторождении ведется упорная борьба с карстовыми водами. В то же время солотвинские соляные шахты широко используются для лечения бронхиальной астмы. Продукты выщелачивания соленосных отложений Предкарпатского прогиба участвуют в формировании минеральных вод курортов Западной Украины, в том числе знаменитого курорта Трускавец (Овчинников, 1956).

КРЫМ

Карстовые явления распространены в горной, предгорной и степной частях Крыма. Горный Крым относится к области альпийской складчатости и представляет собой обособленный антиклинорий. Вершинная выровненная поверхность главной гряды Крымских гор — Яйлы, на западе монолитной, на востоке разбитой на более или менее изолированные платообразные массивы, называемые (как и отдельные части монолитной гряды) также "яйлами", считается классическим районом развития карста.

Карст Горного Крыма охарактеризован в работах А.А. Крубера, И.К. Зайцева, Н.А. Гвоздецкого, М.В. Чуринова, Б.Н. Иванова, И.Г. Глухова, Д.С. Соколова, С.В. Альбова, В.Н. Дублянского, С.М. Зенгиной, Ю.И. Шутова и др. При изучении карста Горного Крыма применялись не только геоморфологические, картографические, геологические, гидрогеологические, но и геофизические, в частности геоэлектрические, методы (Головцин и др., 1966). Проводились также стационарные исследования, иногда очень тонкие, давшие интересные и важные результаты. Например, на Ай-Петринской яйле велись наблюдения над химическим составом атмосферных осадков и динамикой формирования снежного покрова (Дублянский, 1977а). Важное значение имело начатое в большом объеме с конца 50-х годов непосредственное обследование подземных карстовых полостей.

15. Карровые поля на
вершинной поверхно-
сти крымской Яйлы.



Фото Н. А. Гвоздец-
кого

Плоская вершинная поверхность Яйлы сложена преимущественно прочными верхнеюрскими известняками, которые образуют крутые, часто отвесные склоны (особенно вдоль Южного берега Крыма) и обрывистые борта врезающихся с краев каньонов. Вершинное плато представляет собой древнюю поверхность выравнивания, срезающую крутонаклонные слои¹, что создает благоприятные условия для развития карста: с плоской топографической поверхности затруднен сток и в то же время обеспечивается возможность проникновения воды в глубь известняковой толщи не только по вертикальным трещинам, но и по наслению. Во многих местах поверхность осложнена широкими долинообразными понижениями — остатками неогеновой долинной сети.

Карст Горного Крыма интенсивно развит преимущественно в верхнеюрских известняках — массивных и слоистых, содержащих малое количество нерастворимых примесей (до 1—2,5%). Скорость карстовой денудации, по В. Н. Дублянскому (1971, 1977а), для Горного Крыма в целом составляет 21,8 мм/1000 лет. Расчеты производились на основании анализов состава подземных вод, не учтен, следовательно, поверхностный сток,

приводящий к образованию карров (его жидкая и твердая составляющие не целиком переводится в подземный сток²). Если его учесть, то величина скорости карстовой денудации, вероятно, окажется большей.

Считают, что карст вершинной поверхности Яйлы служит ярким примером голого средиземноморского карста. Действительно, крымская Яйла очень напоминает закарстованные массивы Средиземноморья. Автору этой книги довелось ознакомиться с карстом Югославии и сравнить с обрывом крымской Яйлы голый известняковый обрыв массива Мосор, нависающий над городом Сплитом, а с закарстованной поверхностью Карабияйлы — обширное плато с типичным ландшафтом голого карста, вид на которое открывается с хребта Велебит за перевалом Презид (Гвоздецкий, 1970).

Широкая закарстованная поверхность Карабияйлы великолепно видна с ее высших точек — вершин Карадаг и Тайкоба. Белые, с оголенным известняком, повышения между воронками напоминают как бы окаменевшие морские волны. Среди них зеленоватыми пятнами выделяются задернованные днища бесчисленных воронок. Известняки вершинной поверхности Яйлы и ее изолированных

¹ Крупными складчатыми структурами являются синклиорий Яйлы юго-западного Крыма и синклиорий восточного Крыма, представляющие собой структурные единицы ядра Крымского антиклинария.

² Вода испаряется, карбонатный осадок из растворенного ею материала смывается временным стоком через поверхностные водосборы, уносится ветром и пр.

восточных массивов, включая Карабияйлу и Чатырдаг, часто лишены почвенного покрова и образуют типичные карровые поля (ил. 15). Это голый карст, который Й.Цвийич (Cvijić, 1925, 1960) называл еще полным, поскольку для него характерен весь комплекс свойственных карсту поверхностных и подземных форм. Голый известняковый карст крымской Яйлы сочетается с полужадренованным. Обширны замкнутые бессточные территории. Поверхностные формы карста наиболее ярко выражены на Карабияйле, Чатырдаге, Ай-Петринской яйле, Бабуганъяйле, а подземные — на Долгоруковском массиве и тех же яйлах, кроме Бабу-гана.

На закарстованной поверхности Яйлы наблюдается масса разнообразных и разновозрастных замкнутых форм: котловин, западин, воронок, нередко с трещинными понорами и колодцами на дне. Некоторые крупные карстовые котловины, достигающие в длину, а иногда и в поперечнике нескольких километров, имеют верхненеогеновый и нижнечетвертичный возраст. В западной части Яйлы есть древние котловины типа полей. На наиболее возвышенных участках Яйлы котловины возникли в ледниковую эпоху в результате растворения известняков талыми водами снежных полей и пятен. И в современную эпоху, по нашему мнению и данным В.Н.Дублянского, талые воды являются важнейшим агентом карстообразования в Горном Крыму.

На Яйле многочисленны карстовые колодцы, шахты и пропасти. Карстовые колодцы и шахты глубиной несколько десятков метров на дне часто имеют снег и лед, которые иногда можно видеть и с поверхности, например в шахте "Трехглазка" 40-метровой глубины на Ай-Петринской яйле. Наиболее глубокие пропасти и шахты достигают свыше 200 м глубины: Солдатская (на Карабияйле) — 500 м, Молодежная (там же) — 260 м, Каскадная (Ай-Петринская яйла) — 310 м, Ход Конем (Чатырдаг) — 213 м (Int. Spel. — 73, III: В.В.Илюхин, В.Н.Дублянский и др.). Все эти глубочайшие карстовые пропасти и шахты Крыма

В.Н.Дублянский (1977а) относит к типу шахт-поноров, принадлежащему к коррозионно-эрозионному классу карстовых полостей. В этот класс входит только один тип шахт, который в нашей классификации назван коррозионно-эрозионным (см. главу I). В восточном Крыму обнаружена шахта глубиной 132 м — Ухо Земли (Состояние и задачи..., 1975: В.Г.Салимов, С.С.Пикулькин).

Из пещер Горного Крыма своей величиной выделяется Красная на Долгоруковском массиве. Она состоит из шести разновозрастных этажей и исследована на протяжении 13,1 км (наиболее длинная из известняковых пещер в СССР). Верхние этажи богато украшены натечно-капельными образованиями (ил. 16). По двум нижним этажам протекает подземная река, которая образует несколько сот проточных озер, ряд каскадов и девять сифонов, сильно препятствовавших исследованию пещеры (Дублянский, 1977а, б).

В известняках Яйлы отсутствует единый уровень карстовых вод, зона полного насыщения фрагментарна, доказано существование изолированных подземных водотоков (Actes..., 1968: В.Н.Дублянский).

Северные предгорья Крымских гор представляют собой куэсты

16. Красная пещера в Крыму.
Фото И. Черныша



(внутреннюю и внешнюю), развившиеся в моноклинали пологого северного крыла Крымского антиклинория. Поскольку они бронированы известняками — верхнемеловыми-палеогеновыми и неогеновыми, — то на них тоже развит карст, хотя и значительно слабее, чем на Яйле. Нами наблюдались карстовые явления на вершинной поверхности плато внутренней куэсты в районе Бахчисарая — Прохладного в датских известняках и отчасти в нуммулитовых известняках эоцена.

В датских известняках встречаются неглубокие, неправильной формы воронки, западины, блюдца диаметром до 15 м и до 1,5—2 м глубиной, разработанные по трещинам желоба, иногда с цепочкой замкнутых углублений, трещинные карры, как бы "богазы" в миниатюре, шириной 1,2—2 м и до 0,4 м глубиной, зачаточные котловидные карры. Но особенно характерны расположенные на оголенной поверхности датских известняков котлы с нависающими краями, после дождей заполняющиеся водой. Они округлые и овальные, до 2—2,5 м длиной и 1,3—1,6 м шириной, глубиной около 0,75 м. Есть и более мелкие, диаметром около 50 см. Сходные формы наблюдаются и в нуммулитовых известняках (но глубина их обычно всего лишь 20—30 см, а длина до 1 м, редко более). Д. С. Соколов (1962) тоже отмечает

небольшие котлы в нуммулитовых известняках, относя их к особой форме карров, — легенам, выделенным А. С. Барковым (1938).

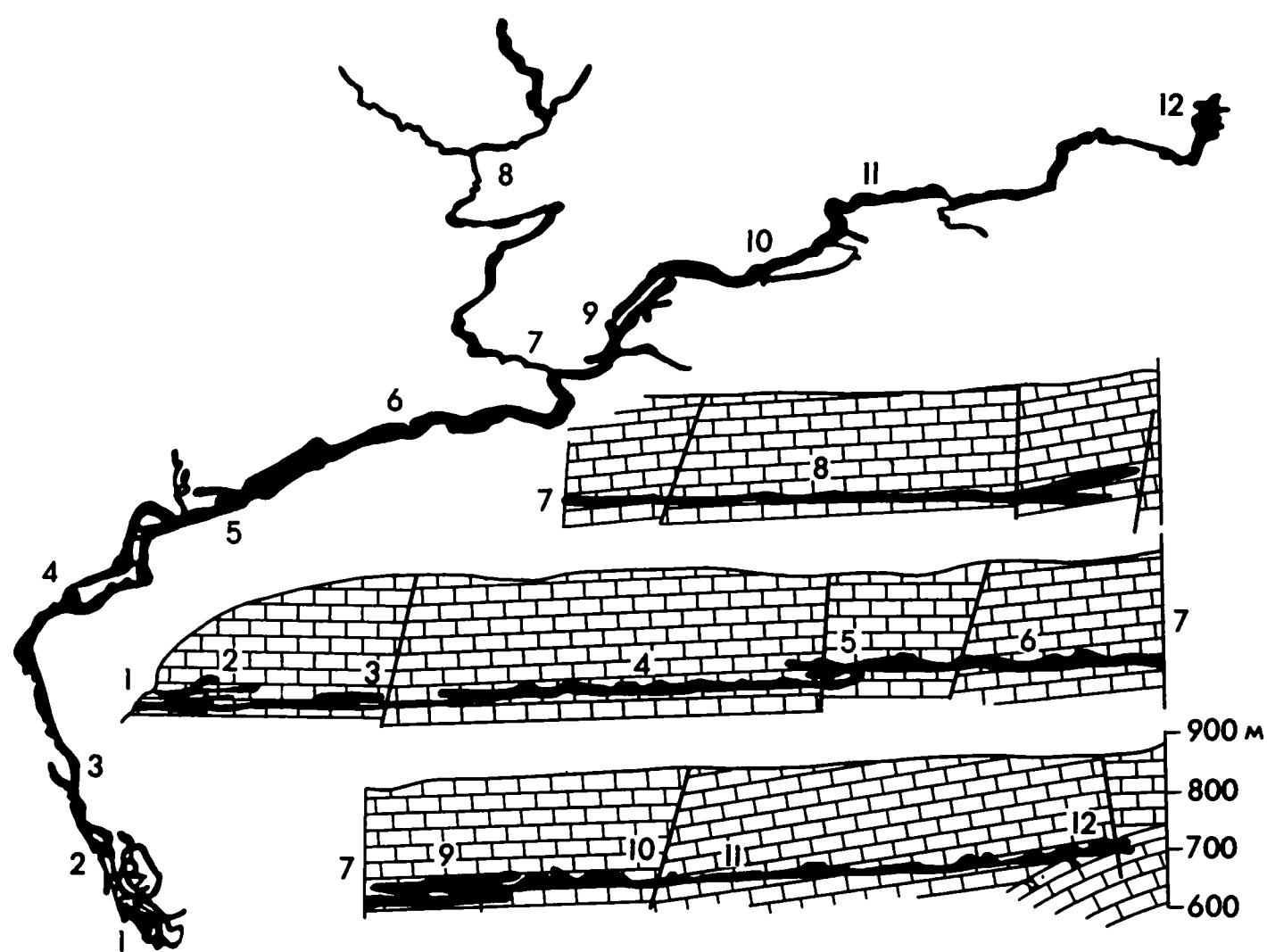
В известняковых бортах каньонов много навесов, ниш, иногда настолько крупных, что в них устраивают загонны для скота; местами можно видеть кружевную резьбу настенных карров. В. П. Душевский в пределах внутренней и внешней куэст исследовал 20 горизонтальных и наклонных карстовых полостей протяженностью от 15 до 300 м. Трёхэтажная Змеиная пещера, к югу от Симферополя, имеет суммарную длину 310 м (Дублянский, 1977б; Карст Украины, 1970: В. П. Душевский). Выщелачиванием, очевидно, объясняются и формы так называемого "фигурного выветривания" нуммулитовых известняков.

Причиной значительно более слабого развития карста северных предгорий в сравнении с Яйлой является также помимо особенностей геологического развития, о чем писал Д. С. Соколов (1962), еще и меньшая мощность и трещиноватость известняковых толщ, формирование ландшафта в условиях меньшего количества осадков (дождей и зимнего снега) и большего их испарения.

В полосе внутренней куэсты широко раскрываются под действием бортовой разгрузки тектонические трещины, параллельные бортам каньонов, а также и обрывам куэст.

17. План и продольный разрез Красной пещеры По В. Н. Дублянскому (1977а)

1 — вход, 2 — ближняя часть, 3 — 1-й сифон, 4 — первая засифонная галерея, 5 — 2-й сифон, 6 — вторая засифонная галерея, 7 — развилка, 8 — галерея Нависающих сводов, 9 — 3-й сифон, 10 — дальняя часть, 11 — 4-й сифон, 12 — V Обвальный зал



Карст Степного Крыма охарактеризован в работах Т. И. Устиновой, С. В. Альбова, В. П. Мелешина и др. Подземные и поверхностные формы карста образовались здесь преимущественно в слабо дислоцированных карбонатных породах неогена. Однако закарстованы и более глубоко залегающие карбонатные породы палеогена и мела.

Народнохозяйственное значение крымского карста определяется прежде всего его ролью в питании рек предгорного и Степного Крыма, особенно в водоснабжении курортов Южного берега. Созданы водохранилища в истоках Бельбека, каптированы карстовые источники на этом участке северного склона Яйлы и пробит поперек ее Ялтинский гидротоннель (Комплексные изыскания..., 1971), направивший воду к Ялте, т. е. в зону курортов Южного берега. Наряду с этим карст существенно осложняет гидрогеологическую и инженерно-геологическую обстановку многих районов, в частности оползневых южнобережных склонов, где карстовые воды подпитывают рыхлые накопления. Большое значение имеет изучение карста для развернувшегося в Крыму разного рода строительства, в частности гидротехнического в предгорном и Степном Крыму. Рациональное использование крымской Яйлы в хозяйственных целях, в том числе и для водоснабжения, невозможно без улучшения условий водонакопления и водоохраны, что связано с рядом мелиоративных мероприятий, организация которых должна быть проведена на научной физико-географической основе (Карст и его народнохозяйственное значение, 1964: Б. Н. Иванов). Целесообразно использование ряда пещер для туризма. Перспективным представляется оборудование Красной пещеры.

КАВКАЗ

На Кавказе наблюдается исключительное разнообразие условий развития, форм и типов карста. Очень полно и широко развит карст в горной области Большого Кавказа, значительно слабее он распространен и менее ярко выражен в Закавказ-

ском нагорье, т. е. на Малом Кавказе и в советской части Армянского нагорья, а также и в Предкавказье, где, однако, своеобразно представлен как приповерхностный, так и погребенный глубинный карст.

Карст Кавказа развит в породах весьма различного возраста — от палеозойских до четвертичных (травертины и известковые конгломераты). Однако шире всего карст распространен в мезозойских — верхнеюрских и меловых — породах: известняках, отчасти доломитах и гипсах.

Велик и пространственный вертикальный диапазон: в краевых прогибах на юге Западного и Восточного Предкавказья закарстованы карбонатные толщи на значительной глубине, на больших отрицательных абсолютных отметках; в Абхазии, у Гагры и Гантиади, выбивают источники пресной воды из карстовых каналов на дне Черного моря, причем, по данным И. М. Буачидзе и А. М. Меливы, разгрузка карстовых вод выявлена на глубине до 400 м. Более того, буровыми скважинами на берегу моря в Гаграх "обнаружены карстовые пустоты на глубинах 1000—2300 м, т. е. ниже большей части дна Черноморской впадины" (Л. И. Маруашвили. Карст в карбонатных породах, 1972, с. 60). А в ряде известняковых высокогорных районов Большого Кавказа карст развит на высотах до 3000 м и более (максимальная высота — 3646 м). Вертикальный диапазон развития карста на Кавказе составляет, следовательно, 5—6 км.

В соответствии с высотным диапазоном и пространственными изменениями влажности климата резко различны и физико-географические условия развития карста. Слабее карст развивается в засушливых и маловодных районах, интенсивнее — во влажных и хорошо обводненных. Наряду с этим климатическая обстановка меняется от теплой (субтропиков) до холодной (высокогорья). Ярко выраженная на Кавказе высотная зональность ландшафтов отражается на морфологии карста и интенсивности его развития.

Имеются опыты подсчета скорости карстовой денудации для некоторых



18. Пригребневая поверхность с карстовыми воронками массива Охачкуэ в Западной Грузии
Фото З. К. Тинтилозова

районов Кавказа. П. А. Костин, воспользовавшись методом Ж. Корбеля, получил на территорию Северо-Западного Кавказа следующие данные: для известняков бас. Кяфара — 250,2 мм/1000 лет; для бас. Курджипса — 205,2 мм/1000 лет; среднее значение общей карстовой денудации для низкогорного Пастбищного хребта — 50,2 мм/1000 лет; для более высокого Скалистого хребта — 99,7 мм/1000 лет; для высокогорного Передового — 220,6 мм/1000 лет. С повышением местности на 1000 м оно увеличивается примерно в два раза, что связано с возрастанием количества осадков и величины стока. Расчеты П. А. Костина в целом хорошо отражают общую тенденцию увеличения скорости карстовой денудации в связи с увеличением количества осадков на северном склоне Западного Кавказа от низкогорья к высокогорью. Еще более наглядные результаты расчетов получил для восточной половины северного склона Большого Кавказа Н. М. Еременко, воспользовавшийся методами Ж. Корбеля и М. Пулины, причем второй метод он считает

более надежным: как основанный на учете общей минерализации воды, а не только количества растворенного в ней карбоната кальция. Полученные по методу М. Пулины величины колеблются от 13 (на засушливом юго-востоке Дагестана) до 199,5 мм/1000 лет в бас. р. Аксай на Андийском хребте, служащем барьером на пути движения влажных воздушных масс.

Более высокие значения величины скорости карстовой денудации получил Т. З. Кикнадзе для высокогорного массива Арабика на южном склоне Большого Кавказа в Абхазии (в районе Гагры), что понятно, так как на южном склоне выпадает больше осадков, чем на северном. Для отдельных гидрогеологических и водосборных бассейнов величины скорости карстовой денудации, рассчитанные по методу М. Пулины, колеблются от 153,0 до 354,6 мм/1000 лет. Сам М. Пулина тоже рассчитал ряд величин для этого района (некоторые приведены в прилож. № 1), но в более интересных случаях они основаны на данных только о подземных водах (Гвоздецкий, 1972).

Большое значение в морфологии карста имеет свойственная карстующимся толщам Кавказа интенсивная тектоническая раздробленность и трещиноватость.

Карстовые формы на Кавказе представлены всем комплексом поверхностных и подземных образований. Во многих районах имеются *карры*, образующие выше границы леса карровые поля среди горных лугов, но встречающиеся и под пологом леса (в бассейне Гумисты, на Накеральском плато системы Рачинского хребта). Наиболее обычны трещинные карры, причем в высокогорье они часто относятся к мезо-, а не микроформам, представляя собой ущельица с прямолинейными бортами до 5 и даже 10—12 м глубиной и более 10 м шириной (Гвоздецкий, 1965) и переходя в трещинные колодцы. Гигантские трещинные карры развиты и в среднегорье, например на плато Рихва в Абхазии (З. К. Тинтилов), и в Дагестане, где они, вероятно, реликтовые (Н. М. Еременко). На Накеральском плато нами встречены карры в виде объемной кружевной резьбы, сходные с каррами тропического карста Кубы (см. гл. 8). На северном склоне Большого Кавказа, на плато Скалистого хребта, в гипсах титона нами обнаружен редкий тип трубчатых карров.

Широко распространены карстовые *воронки*, относящиеся ко всем основным генетическим типам. Воронки поверхностного выщелачивания (ил. 18) развиты почти повсеместно. Самые крупные встречены на том же Накеральском плато, где на дне грандиозных воронкообразных котловин (длиной или диаметром до 1 км и более) имеются воронки второго (диаметр до 300 м) и низшего порядка. Глубина котловин (до дна воронок второго порядка) 200—300 м. Воронки низшего порядка тоже имеют внушительные размеры, достигая 100—150 м в диаметре и 70 м глубины (Гвоздецкий, 1965).

Провальные воронки характерны для гипсового карста западной половины Скалистого хребта (в полосе Северо-Кавказской моноклинали) и для многих районов карбонатного карста. Грандиозные воронки наблю-

даются в валанжинских известняках восточной половины Скалистого хребта. Там провалы образовались над обширными полостями, выработанными, по-видимому, в ледниковую эпоху, когда толща известняков Северо-Кавказской моноклинали была особенно водообильна из-за просачивания в нее талых вод фирновых полей и снежников, покрывавших пологий северный склон Скалистого хребта в его пригребневой части. Провал Кель-Кетчен в бас. Череха, по данным И. Г. Кузнецова, имеет размеры в плане 405 на 213 м и 177 м глубины! Воронки просасывания в классической форме выражены на структурных поверхностях кровли валанжинских известняков с покровом песчано-глинистых пород и "рухляков" готерива в южной части Минераловодского района, т. е. в полосе куэст, и на террасе р. Белой (Хипсты), в районе Гудауты, с цоколем из нижнечетвертичных известковых конгломератов, перекрытых глинами (Гвоздецкий: 1954, 1967а, Карст и его народнохозяйственное значение, 1964, Типы карста..., 1965).

В разных районах встречаются *котловины* и *полья*. Крупные котловины в валанжинских известняках южной части Минераловодского района (на Скалистом хребте), подобно котловинам наиболее высоких поднятий крымской Яйлы, образовались путем поверхностного выщелачивания талыми водами залежавших здесь в последнюю ледниковую эпоху обширных снежных пятен. В современную эпоху этот процесс можно наблюдать у вершины Оштен на Западном Кавказе. Есть коррозионные котловины, развившиеся на днищах отмерших (осушенных) эрозионных долин, котловины просасывания, провальные и сложные, лопастной формы, образованные слиянием соседних воронок (разных генетических типов). Эрозионно-карстовая котловина Квибия на массиве Асхи имеет длину более 10 км при ширине 3—5 км (Тинтилов, 1976). Крупные котловины некоторых районов можно считать полями. Наиболее характерны относящиеся ко второму генетическому типу (см. гл. I, раздел "Карстовые формы") поля Западной

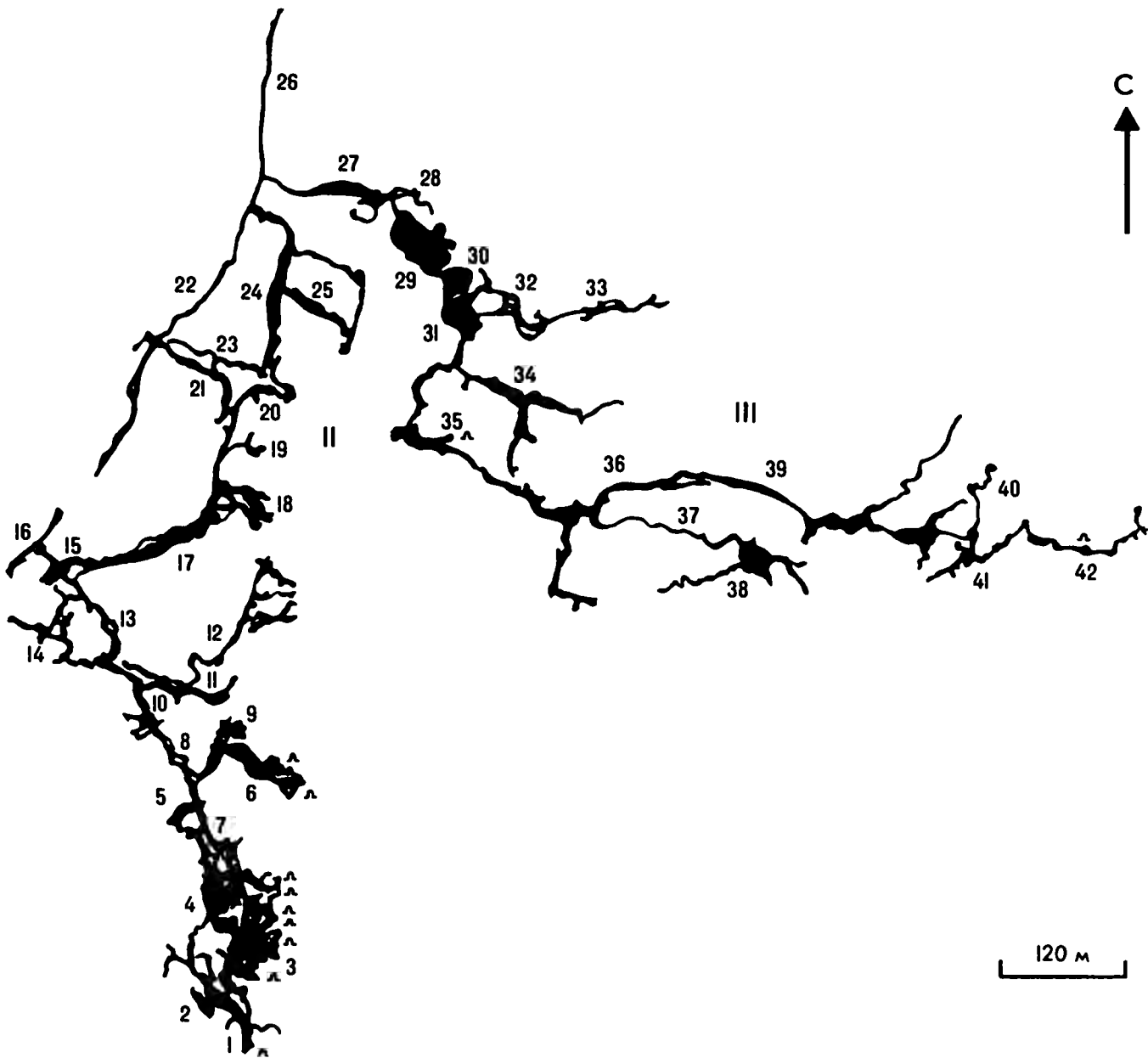
Таблица 1
Наиболее глубокие карстовые пропасти Кавказа (глубиной более 400 м)

19. План Воронцовской системы пещер. По Ю.С.Ляхницкому и др. (1976)

№ п/п	Название	Глубина в м	Место нахождения
1	Снежная	1 320	Бзыбский хр.
2	Назаровская-Осенняя	500	Хр. Алек
3	Меженного	более 480	Бзыбский хр.
4	Заблудших	470	Хр. Алек
5	Парящая птица	470	Массив Фишт-Оштен
6	Октябрьская	450	Хр. Алек
7	Нежданная	420	Хр. Ахцу
8	Ахтиарская	410	Гагрский хр., массив Арабика

I. Воронцовская пещера. Гроты, залы, ходы, районы:
1 — Очажный, 2 — Туфовый, 3 — Пантеон, 4 — Круглый, 5 — Эстрадный, 6 — Прометей, 7 — Теплый, 8 — Жилина, 9 — Туфовый тупик, 10 — Спелеолог, помощи, 11 — Прозерпины, 12 — Основной ход Ленинградского района, 13 — Верхний, 14 — Разгрузочный, 15 — Тишины, 16 — Юбилейный, 17 — Сталагмитовый, 18 — Медвежий, 19 — Колонный. II. Лабиринтовая пещера. 20 — Обвальный, 21 — Глинистый, 22 — Главная галерея, 23 — Ход с решеткой, 24 — Лагерный, 25 — Египетское кольцо, 26 — Октябрьский, 27 — Песчаные холмы, 28 — Бред, 29 — 1-й обвальный, 30 — 2-й обвальный, 31 — 3-й обвальный, 32 — Лабиринтовое кольцо, 33 — Ожиданий, 34 — Большой Лабиринтовый тупик, 35 — вход

в Лабиринтовую пещеру. III. Кабаний провал. 36 — Основная галерея, 37 — Большой тупик, 38 — Потерянный, 39 — Гномов, 40 — Зигзаг, 41 — Амеба, 42 — входной колодец



Грузии — Цебельдинское, Турчу, Зе-Гвардии, Шаорская (сейчас заполненная водой) и Ахалсопельская котловины.

Изучены и описаны известняковые карстовые *останцы* у оз. Эрцо, в верховьях Квирилы, и на соседнем Кударойском массиве, в районе Черноморско-Каспийского водораздела. Предположительно это формы реликтового тропического карста. Из других поверхностных образований можно отметить карстовые *желоба*, располагающиеся обычно на плоских

поверхностях близ известняковых обрывов и связанные с раскрытием тектонических трещин вследствие бортовой разгрузки, а также очень многочисленные повсюду в известняковых и доломитовых обрывах *навесы* и *ниши*.

На Кавказе множество карстовых *колодцев* и *шахт* разного генезиса, в том числе провальных (в Предкавказье провал на горе Лысой и знаменитый провал на горе Машук). Среди карстовых *пропастей* много глубоких: Снежная — 1320 м, на Бзыбском хребте; Назаровская-Осенняя — 500 м, на южном склоне Западного Кавказа, в верховьях р. Хосты, на хребте Алек, шесть других пропастей глубже 400 м (табл. 1). Наибольшее количество глубоких карстовых пропастей обнаружено на хребте Алек: к 1975 г. их насчитывалось около 40, из которых 15 глубже 300 м. В то время это

составляло 50% известных в СССР карстовых полостей глубиной более 200 м (Состояние и задачи..., 1975: В.Б.Кимбер; О.В.Падалко, В.В.Илюхин и др.).

Из исследованных *пещер* Кавказа суммарной длиной выделяется Воронцовская — 11,7 км¹, в верховьях Кудепсты, у подножия хр. Ахцу, на южном склоне Западного Кавказа (Спелеология и карстование, 1959: Н.И.Соколов; Ляхницкий, Котцов и др., 1976), а размерами отдельных залов (до 260 м длиной и почти 100 м высотой) — Новоафонская в Абхазии. На северном склоне Большого Кавказа также обнаружены значительные пещеры: четыре (длиной более 1 км) на Западном Кавказе (бассейн Курджипса и Карачаево-Черкесия) и пещера (2,5 км длиной) Университетская в бассейне Фиагдона. В пещерах богатый и оригинальный набор натечно-капельных образований (Состояние и задачи..., 1975: С.С.Гросс, В.И.Пупко; С.Малков и др.). Пещеры — основные из обследованных карстовых форм Закавказского нагорья (районов Малого Кавказа и отрогов Зангезурского хребта).

Типы карста северного склона Большого Кавказа охарактеризованы нами в специальной статье (Типы карста..., 1965). Выделены голый известняковый (распространен ограниченно) и гипсовый карст (еще более фрагментарен). Задернованный известняковый карст распространен шире всего, из-за чего назван Г.А.Максимовичем (1963) "кавказским". Выделены также задернованный гипсовый (гипсово-ангидритовый) карст, покрытый известняковый, покрытый гипсовый, доломитовый карст и участки карсто-суффозионных форм в известковистых песчаниках. Часто встречается полузадернованный известняковый карст. На южном склоне Большого Кавказа развит преимущественно задернованный, полузадернованный и голый известняковый карст, местами — покрытый, на западе — карбонатный карст флишевой форма-

ции. В ряде мест карст начал формироваться еще до эоцена. Например, в западной части южного склона Большого Кавказа эоценовые глины трансгрессивно налегают на юрские известняки, заполняя в них глубокие котловины и карстовые воронки. Это формы погребенного, или ископаемого, карста. В краевых прогибах Западного и Восточного Предкавказья должен быть отмечен глубинный погребенный карст.

Гидрогеологические и гидрологические особенности кавказского карста неодинаковы в разных районах. На северном склоне Большого Кавказа, в его западной и центральной частях, подземные воды движутся по наклону слоев Северо-Кавказской моноклинали и под напором выходят в районе лакколитов Минераловодской группы Предкавказья, а также и в пределах самого Большого Кавказа, иногда в виде мощных восходящих источников, каким является оз.Цериккель в долине Черека, имеющее при небольшой площади (235 на 125 м) глубину 258 м (по И.Г.Кузнецову). На южном склоне Большого Кавказа в складчатых структурах создается сложная система артезианских бассейнов, тоже с выходами напорных вод в долинах в виде восходящих источников, таких, как Голубое озеро в долине р.Бзыби или оз.Харис-Твали в Шаорской котловине, теперь затопленное в связи с созданием Шаорского водохранилища.

Карстовый источник Мчишта у подножия Бзыбского хребта в Абхазии характеризуется среднемноголетним расходом около 10 куб. м/сек, а по максимальному расходу (свыше 200 куб. м/сек) не имеет равных в мире. На Кавказе много уходящих под землю и пещерных рек, источников воклюзского типа. Пещерные реки особенно типичны для южного склона Большого Кавказа, однако исчезающие реки и ручьи часто встречаются и на северном склоне, в полосе Северо-Кавказской моноклинали и соответствующих ей куэст. О наличии обособленных водотоков с движением воды под напором свидетельствуют субмаринные источники возле Гагры и Гантиади.

¹ К собственно Воронцовской пещере в 1968 — 1969 гг. приключены соединяющиеся с ней пещеры Лабиринтовая и Кабанья.

В карстовых районах, особенно южного склона Большого Кавказа, гидрографическая сеть разрежена, что резко выделяет их среди территорий с некарстующимися породами (Щукин, 1926). Л. А. Владимиров (1964) отметил, что в питании рек большую роль играют подземные карстовые воды: в бассейне рек Дидичала-Херга в Шаорской котловине (ныне затопленной водами одноименного водохранилища) они составляют почти 85%. Обнаружен подземный водообмен между соседними речными бассейнами (например, от р. Келасури в сторону р. Беслетки в районе Сухуми).

Районирование карста Кавказа выполнено нами в 1948 г. и опубликовано в 50-х годах (Гвоздецкий, 1952, 1954). Предложенная схема была воспроизведена Н. В. Родионовым (1963) и Д. С. Соколовым (1962). В последней монографии (Гвоздецкий, 1972) схема дополнена на территорию Закавказского нагорья. На ней выделены 12 провинций в области Большого Кавказа и четыре — в области Закавказского нагорья (Малого Кавказа и отрогов Зангезурского хребта). Кроме того, выделены не входящие в эти провинции районы, два из них — в Предкавказье. По Закавказскому нагорью эта схема должна быть еще дополнена районом низовья р. Арпы (по данным Л. А. Молокова; см. ниже), а по Предкавказью — провинциями краевых прогибов на западе и востоке с глубинным погребенным карстом.

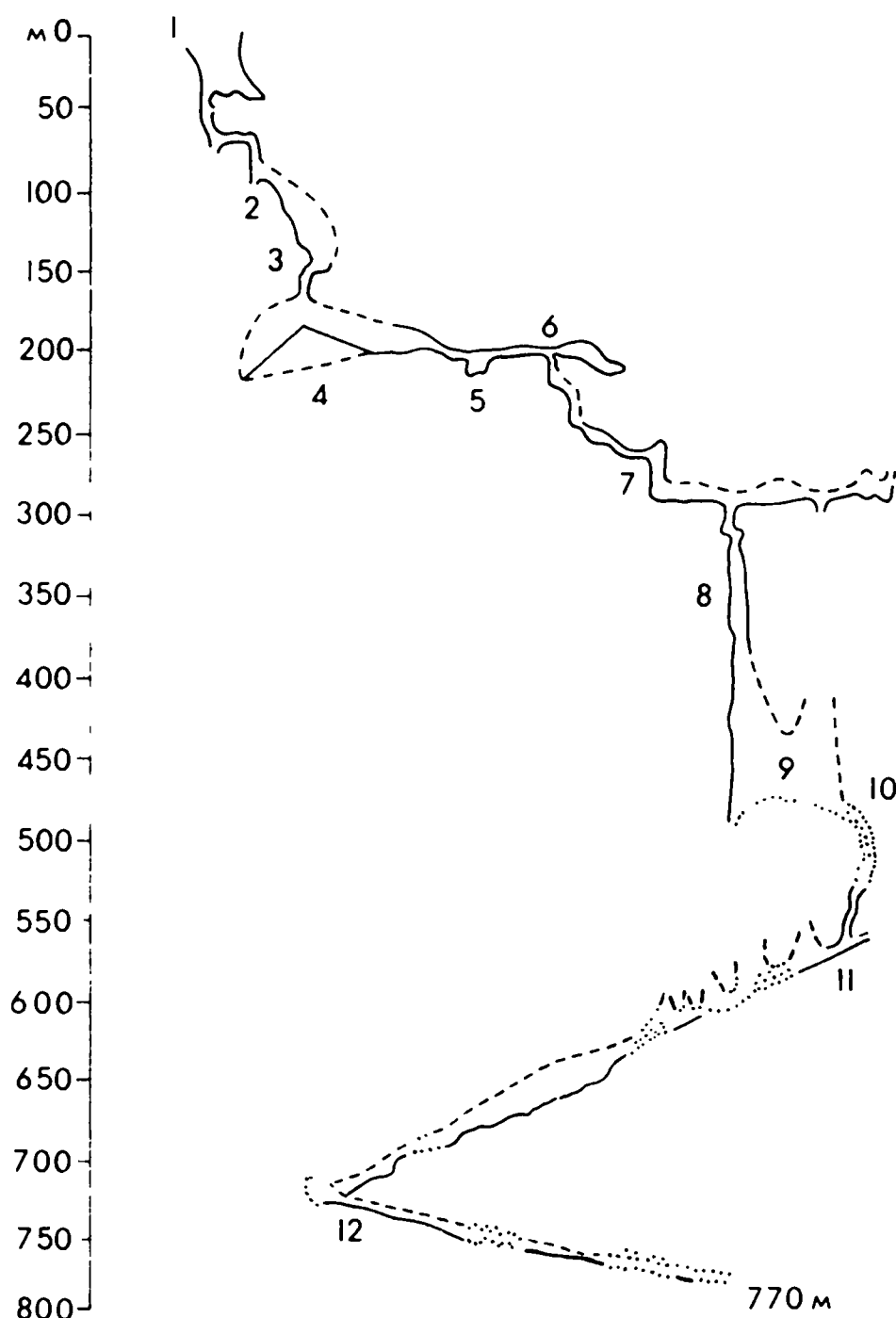
Большой Кавказ напоминает Альпы по характеру распространения карста, который приурочен главным образом к полосе известняковых передовых хребтов и плато, опоясывающей ледниковое высокогорье. Карст северного склона, развивающийся на западе и в центре в условиях моноклиальной структуры (Северо-Кавказская моноклиаль), а на востоке — складчатой, охарактеризован в работах И. С. Щукина, И. Г. Кузнецова, Л. Н. Пламеневского, М. А. Васильева, М. А. Зубашенко, Н. А. Гвоздецкого, Д. А. Лилиенберга, П. А. Костина, Н. М. Еременко, М. К. Казанбиева. Он наблюдается преимущественно в валанжинских известняках. В ва-

ланжине восточной части полосы куэст развиты упоминавшиеся грандиозные провальные воронки. В западной части полосы куэст он приурочен к верхнеюрским известнякам, доломитам и гипсам, местами (в высокогорье осевой полосы Западного Кавказа и на Передовом хребте) — к триасовым (Вопросы карста..., 1956: В. Н. Робинсон) и палеозойским известнякам. В верхнемеловых и более молодых известняковых толщах карст распространен локально, но иногда развит интенсивно (Гаустов, 1969).

Встречаются воронки всех типов, ванны, котловины, местами карры и поля, колодцы, ниши в бортах каньонов, в обрывах куэст и структурных плато, пещеры, поноры, исчезающие реки и ручьи, карстовые озера, источники. Своеобразное проявление карстового процесса в восточной части Большого Кавказа —

20. Разрез карстовой пропасти Снежной. По В. В. Галактионову и др. (1974)

1 — входной провал, 2 — грот Гвоздецкого, 3 — Обвальный грот, 4 — Большой грот, 5 — Малый грот, 6 — колодец и Вертикальный лабиринт, 7 — Кораллитовый колодец, 8 — Большой колодец, 9 — Университетский грот, 10 — вертикальный спуск, 11 — Водопадный ручей, 12 — подземная река





21. Голубое озеро в долине р. Бзыби
Фото З. И. Адзінбы



22. "Окаменевший водопад" (из натечных образований) в зале "Тбилиси" Новоафонской пещеры
Фото из архива экспедиции Ин-та геогр. им. Вахушти АН ГССР

карбонатные карстовые брекчии, описанные М. К. Казанбиевым, А. Г. Мусиным и К. К. Магомедовым. Они образовались путем растворения гипса и дробления чередующихся с ними слоев карбонатных пород — известняка и доломита. Карстовые брекчии встречены по долинам рек бас. Сулака, где их мощность достигает 130 м (Горбунова, 1977). На востоке северного склона Большого Кавказа, в Дагестане и Чечено-Ингушетии недавно обнаружены и типичные карстовые формы, такие, как карры, останцы, воронки, ниши, пещеры. Они приурочены к гипсоносным отложениям титона. Характерны источники с повышенной минерализацией воды (М. К. Казанбиев).

На южном склоне Большого Кавказа карст распространен от Черноморского Кавказа, где он развит в карбонатных породах флишевой формации верхнемелового возраста (Колодяжная, 1965), до Черноморско-Каспийского водораздела. Гос-

подствуют чистые известняки абхазских фаций (верхняя юра, нижний и верхний мел, частично палеоген), образующие складчатые структуры. Закарстованы также известняковые конгломераты нижнечетвертичного возраста (в Гудаутском районе Абхазии), а в неогеновых конгломератах Центральной Мегрелии развиты крупные карстово-суффозионные пещеры.

Карст южного склона Большого Кавказа охарактеризован в работах Н. А. Гвоздецкого, Н. И. Соколова, Л. Н. Соловьева, грузинских географов и спелеологов: Л. И. Маруашвили, К. Г. Мгеладзе, Ш. Я. Кипиани, З. К. Тинтилозова, Г. З. Чангашвили, А. А. Окроджанашвили, Т. З. Кикнадзе, Б. А. Гергедавы, в сборниках "Карст и пещеры Грузии" (1965), "Пещеры Грузии" (1963-1980). В монографических работах грузинских исследователей (Кипиани, 1974; Тинтилов, 1976; Гигинейшвили, 1979) дано детальное районирование карста Грузии и Большого Кавказа. Важное значение

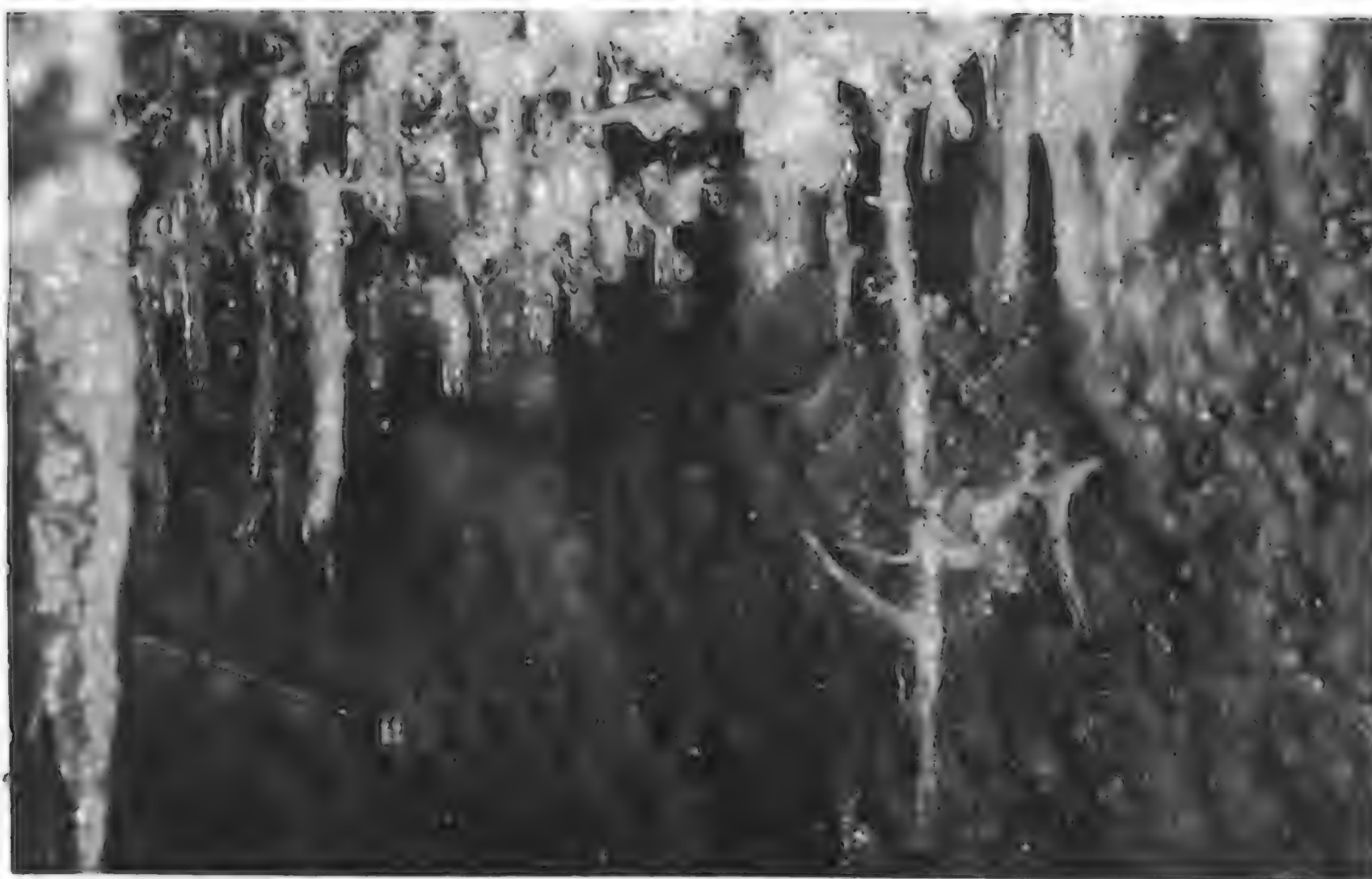


23. Геликтитовый салон в Новоафонской пещере.
Фото З. К. Тинтилозова

имело начатое в конце 50-х годов широкое непосредственное обследование карстовых пропастей и шахт Западной Грузии. Последние работы грузинских карстоведов и спе-

леологов с большой полнотой характеризуют подземные формы карста — пещеры, шахты и пропасти в известняках Западной Грузии, включая Абхазию, а также карстовые

24. Геликтиты в Новоафонской пещере.
Фото З. И. Адзинбы





25, 26. Сталактитовые образования в Новоафонской пещере.
Фото из архива киностудии Центр. науч. фильма

27, 28. Сталагмиты в Новоафонской пещере.
Фото из архива киностудии Центр. науч. фильма

воды Грузии и Большого Кавказа.

В западной части полосы хребтов из известняков абхазских фаций, относящейся к району, названному нами сочинским гидрогеологическим бассейном (Гвоздецкий, 1952; Олли, 1972), экспедициями Центральной секции спелеологии и другими открыты и исследованы глубокие карстовые пропасти (205—500 м), расположенные в верховьях р. Хосты в районе хр. Алек (Int. Spel. — 73, III: В. Н. Дублянский, В. В. Илюхин; В. В. Илюхин, В. Н. Дублянский и др.). Московским спелеологам принадлежит честь открытия пропасти Снежной на Бзыбском хребте, самой глубокой в СССР (ил. 20). Снег и лед в ней встречаются до глубины 230 м. Возможно, что это самая большая в мире глубина залегания пещерного льда (Тинтилозов, 1976).

Замечательно открытие, исследование и оборудование Новоафонской пропасти-пещеры, которое отмечено Государственной премией СССР. Естественный вход в нее, так называемая "Бездонная яма", находится в ворон-

ке среди леса на горе Иверской. Чтобы проникнуть в гигантские залы пещеры, нужно преодолеть 139 м вертикального спуска. Пещера поражает громадным объемом подземных полостей, красотой и разнообразием натечно-капельных образований (Тинтилозов, 1968, 1976). Теперь она превосходно оборудована для осмотра туристами. Со стороны Нового Афона в теле Иверской горы в нее пробит горизонтальный тоннель электропоезда. Туристический маршрут начинается грандиозными залами "Абхазия" и "Грузинских спелеологов" и заканчивается залом "Тбилиси", поражающим не только своими размерами, но и роскошью убранства (ил. 22). Весь путь идет по величественным залам и проходу "Каньон". В стороне от основного маршрута расположены самый высокий (97 м) зал "Москва" и за ним вверху сказочно украшенный сталактитами и сталагмитами зал "Сухуми". Уникален небольшой "Геликтитовый салон" (ил. 23 и 24) возле зала "Тбилиси". За два с половиной года эксплуатации

пещеру посетило (данные на конец 1977 г.) около 2 млн. человек. По массовости посещения она занимает первое место среди карстовых пещер мира и одно из первых мест среди других выдающихся зрелищных объектов Советского Союза. Целесообразно было бы оборудовать и замечательную абхазскую сталактитовую пещеру Абрскил с подземной рекой Ахчитызго. Уникальны многоэтажные пещерные системы Грузии — Кударойская с 6 ярусами и Цуцхвати, в которой Л. И. Маруашвили выделил 13 ярусов (Изучение пещер Колхиды..., 1978).

Многие пещеры южного склона Большого Кавказа представляют большой археологический интерес. Например, Кударо-Цонские пещеры, где впервые в СССР были открыты в нетронутом виде нижнепалеолитические слои, служат археологическими памятниками мирового значения (Actes..., 1969: А. Каландадзе, В. П. Любин). Пещеры Черноморского побережья и района г. Кутаиси интересны в биоспелеологическом отношении. Кавказ и Крым рассматриваются в качестве восточных форпостов кругосредиземноморской подземной фауны (в Крыму обедненной) с центром видового разнообразия на Балканском полуострове (Actes..., 1969: Я. А. Бирштейн). Я. А. Бирштейном и Е. В. Боруцким установлена древность пещерной фауны Абхазии (и Крыма), что очень важно для выяснения истории развития карста (Соколов, 1962; Тинтилозов, 1976).

Подземные карстовые формы, в том числе сталактитовые пещеры, в западной половине южного склона Большого Кавказа выражены особенно ярко. Но широко распространены и поверхностные формы карста, представленные в полном комплексе. Некоторые районы исключительно интенсивно закарстованы. Таким, по нашим наблюдениям, является, например, Накеральское плато в системе Рачинского хребта. Характерны и гидрографические особенности: масса исчезающих и подземных рек, мощных карстовых источников воклюзского типа, в районе Гагр и Гантиади — субмаринные источники, хорошо заметные при спокойной воде в море.

По данным И. М. Буачидзе и А. М. Меливы, выходы пресной воды на дне моря в этом районе выявлены в 24 пунктах.

В высокогорье как южного, так и северного склона Большого Кавказа карстовые формы иногда развиваются на фоне древнеледниковых, в их формировании и теперь особенно велика роль талых снеговых вод. Для высокогорья типичны глубокое расчленение трещинными каррами, заполненные снегом и льдом колодцы (в том числе трещинные) и пропасти.

На Закавказском нагорье карст развит в верхнеюрских и верхнемеловых (сенонских) известняках некоторых районов Малого Кавказа и в отрогах Зангезурского хребта. Здесь выделяется несколько карстовых провинций: на северо-западе Азербайджана, на северном склоне Шахдагского хребта, на Карабахском хребте и в восточных отрогах Зангезурского хребта (Гвоздецкий, 1972). Обследованы в них и описаны главным образом пещеры. Пещера Инек Магарасы (коровья пещера) в Шахдагском хребте имеет подземную реку. Азыхская пещера в Карабахском хребте, состоящая из нескольких гротов, которые разделены узкими проходами, содержит натечно-капельные образования. В верховьях Тертера наблюдается карст в травертинах.

В районе нижнего течения р. Арпы, в предгорьях Айоцзорского (Даралагезского) хребта, карст развит в пермских и девонских известняках. Многочисленны здесь ниши и пещеры, а также подземные полости, на присутствие которых указывали косвенные признаки — провалы бурового инструмента и др. (Карст в карбонатных породах, 1972: Л. А. Молоков).

В Предкавказье карстовые формы приурочены к верхнемеловым известнякам на склонах лакколитов Минераловодской группы, они представлены пещерами и провалами (Карст и его народнохозяйственное значение, 1964: Н. А. Гвоздецкий). Местами закарстованы раковистые известняки сармата, например в районе г. Майкопа, где есть неглубокие подземные ходы и пещерные полости. В известняках, известковистых

песчаниках и конгломератах сармата проявляются карстовые процессы на Ставропольской возвышенности.

Народнохозяйственное значение карста Кавказа многообразно. Велика роль карстовых вод в снабжении водой населенных пунктов, в частности курортов Кавказских Минеральных Вод — района лакколитов, Ессентуков, Кисловодска (источники Теплушка, Находка и др.), городов и курортов Черноморского побережья. Продукты выщелачивания карстующихся горных пород участвуют в составе минеральных вод, а от режима карстовых вод зависит и режим минеральных источников. Сказанное относится к Кавказским Минеральным Водам, Тамисским серным источникам в долине Ардона, сульфидным водам курорта Сочи — Мацеста (Гвоздецкий: 1972, Карст и его народнохозяйственное значение, 1964; Овчинников, 1956). Для концентрации битумов в промышленные месторождения нефти и газа важное значение имеют карстовые коллекторы в Предкавказье и Дагестане (Карстовые коллекторы..., 1973).

Во многих карстовых районах Кавказа осуществлялось и осуществляется гидротехническое строительство: Рион ГЭС, Ткибульская и Шарская ГЭС, Ингур ГЭС, ряд объектов на северном склоне Большого Кавказа (Геология и плотины, 1962; Лыкошин, 1968). Для сооружения ГЭС местного значения в Западной Грузии используются не только реки, но и высокодебитные карстовые источники. На базе воклюзского источника Мчишта в Абхазии создано форелевое хозяйство. Учета и исследования карста требует промышленное, гражданское и дорожное строительство в известняковых и гипсовых районах Кавказа. Карстовые воронки могут быть использованы для создания водопоев на горных пастбищах (Г.З. Чангашвили). На высокогорных пастбищах известняковых хребтов и плато необходима строгая регламентация выпаса скота, поскольку развитые здесь горно-луговые черноземовидные почвы при неумеренном выпасе легко разбиваются. Важна и правильная обработка почвы в карстовых воронках субтропических рай-

онов Черноморского побережья, например на чайных плантациях в окрестностях г. Гудауты, где борозды при распашке склонов воронок должны вестись поперек падения их поверхности. Наличие карста необходимо учитывать при эксплуатации горных лесов. В условиях карстующихся известняковых пород лесозащитные мероприятия должны проводиться с особенно большой осторожностью, поскольку смыв почвы на обезлесенном склоне может привести к формированию бесплодного пустыря с голым карстом.

Пока кроме Новоафонской пещеры используется для туризма только пещера Сатаплиа в окрестностях г. Кутаиси. Нужно оборудовать и ряд других. Перспективно использование некоторых пещер в лечебных целях. Цхалтубская ("Белая") и Новоафонская пещеры уже приняли первые опытные группы больных, страдающих бронхиальной астмой¹. Ледяные пещеры Грузии с давних пор использовались как естественные склады-холодильники. Возможна организация в пещерах шампинионариев (Тинтилозов, 1976).

¹ Лечебными факторами в пещерах служат постоянство температуры воздуха, соответствующие величины влажности, содержания CO₂, ионов Ca, Mg, K, отрицательный электрический заряд аэрозоля, отсутствие бактерий и различных аллергенов.

Глава III. КАРСТ АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ СССР

СРЕДНЯЯ АЗИЯ И ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН

В региональной физической географии Советского Союза в качестве особой группы физико-географических стран выделяется территория Средней Азии и Центрального Казахстана¹. Она характеризуется некоторыми общими чертами природы, которые определяются ее внутриматериковым положением, континентальностью и на значительном пространстве аридностью климата, а также тем, что основная часть территории относится к области внутреннего стока Евразии. Указанные природные особенности накладывают свой отпечаток и на развитие карста. Здесь можно выделить следующие карстовые страны: 1) альпийские складчатые сооружения юга Средней Азии. В эту страну на территории СССР входят две разобщенные области — Копетдагская и Памирская; 2) горы восточной части Средней Азии с палеозойской складчатой основой; 3) Туранская равнина, соответствующая Туранской плите; 4) равнины и низкогорья Центрального Казахстана.

КОПЕТДАГ И ПАМИР

Копетдаг характеризуется спорадическим распространением карбонатного карста, иногда связанного с действием сернокислых растворов. Э.Т.Палиенко отмечает приуроченность карста к "термальной линии" (полосе теплых источников в продольной зоне разрывов северного склона Передовой цепи), к синклинальным возвышенностям и к локальным разломам в известняках. Большинство карстовых форм, по мнению Э.Т.Палиенко, образовалось в плювиальные эпохи (акчагыльскую и среднечетвертичную), в современную же эпоху карстование в основном обусловлено действием конденсационной влаги. Специальные исследования позволили

¹ Пустынные равнины и низкогорья Юго-Западного и Южного Казахстана, как и горные поднятия на его юго-востоке, в физико-географическом отношении входят в состав Средней Азии.

бы, вероятно, выявить специфические поверхностные формы карбонатного карста, развивающегося в пустынной и полупустынной обстановке. Так, Н.Г.Мурадов (1964) в бронирующих известняках низкогорья Аладага (Кюрендагский коридор) отмечает "мелкие воронки типичного карста" диаметром "не более 20—30 см" (с. 28). Вода (как растворитель) бывает во время зимних оттепелей и весеннего максимума осадков.

Наиболее интересная карстовая форма Копетдага — известная Бахарденская пещера, до 250 м длиной, с подземным озером Коу, содержащим теплую сероводородную воду. Пещера приурочена к разлому в верхнеюрских известняках, образовалась под действием восходящих сернистых вод, ее стены и своды покрыты разнообразными новообразованиями гипса. На склоне горы Сирим расположена Большая Сиримская пещера более 250 м длиной, разработанная в миоценовых известняках (Ротко, 1958; Чикишев, 1973б).

Памир имеет ряд интереснейших карстовых районов. Во внутренней части Памирского нагорья, в пределах *Восточного Памира*, имеются многочисленные известняковые останцы (в котловине с озерами Шоркуль и Ранкуль, особенно у южного борта этой котловины; у перевала Найзаташ), сходные с моготе тропического карста, которые, вероятно, следует рассматривать как реликтовые образования, сформировавшиеся в палеогене (возможно, еще и в раннем миоцене), в условиях климата и ландшафта саванн (Карст в карбонатных породах, 1972). Известняки, образующие останцы, изобилуют пещерными ходами и нишами. Известняки по южному борту котловины с озерами Шоркуль и Ранкуль (силура — нижнего девона, карбона, триаса) относятся к тектонической зоне Центрального Памира, перевал Найзаташ находится в зоне Юго-Восточного Памира. Б.А.Петрушевский объединяет их в Среднепамирский мегасинклинорий, характеризующийся значительным развитием известняковых фаций.

Интенсивная корродированность известняков (верхней юры), ниши, пещерные отверстия и желобковые карры наблюдались нами по левому борту долины Карасу (левый приток Мургаба), а по правую сторону этой реки в вершине короткого сая, разрезающего известняковый хребет, есть пещера с крупным входом, хорошо просматривающимся от селения Карасурабат. Известны пещеры в районе известняковых утесов, поднимающихся над южным берегом оз. Рангкуль, — Рангкульская-2 (описанная А.В. Блещуновым) и Мата-Таш. По данным В.А. Ранова, приведенным в сводке А.Г. Чикишева (1974), пещеры имеются в юго-восточной части Памира близ Бахман-Джилга, на перевале Джемантал и у Шахтысая.

Довольно сильная закарстованность известняков в Восточном Памире не соответствует сухости его климата и ничтожному количеству осадков; в основном она, по-видимому, связана с более влажными условиями прежних геологических эпох. Однако желобковые карры свидетельствуют и о развитии современных карстовых процессов.

Два исследованных нами карстовых района Памирской области относятся к тектонической внешней зоне Памира, образованной лагунно-континентальными (реже морскими) отложениями мезокайнозоя.

В 1954 г. обнаружено широкое распространение карста на хребте *Петра Первого*, где карстуются верхнемеловые известняки и в еще большей степени — залегающие стратиграфически ниже их гипсы. На пространстве от притоков Сурхоба, Руноу и Шурака (нижнего), на западе до р. Муксу на востоке обследовано 37 карстовых участков, в том числе 35 на северном склоне хребта (преимущественно на ступенях поверхностей выравнивания высотой 2200 — 2300 и 2900 — 3000 м), один на водоразделе у перевала Куляк и один в долине р. Обикулик, южнее этого перевала. Исследовано более 200 карстовых воронок (из них почти $\frac{3}{4}$ на участках гипсового карста), 17 значительных котловин (котловину в известняках у пер. Куляк на высоте

более 3200 м можно считать полем), 9 озер. Сливаясь краями, воронки образуют сдвоенные, строенные и более сложные ванны.

Большие скопления воронок в гипсах наблюдаются на нижней ступени поверхности выравнивания в урочище Вашты-Бокы (бассейн р. Нушор) и близ кишлака Полима (бассейн Шурака нижнего). На первом из этих участков карстующиеся гипсы прикрыты мореной предпоследнего оледенения, карст сформировался здесь заведомо в верхнечетвертичное время. Развивается он и в современную эпоху, о чем свидетельствует свежесть многих провалов. Провал на водоразделе Дидаля и Назарака имеет размер в плане 125 на 80 м, а глубину 20 (от пониженного края) — 35 — 40 м. Есть котловины с цепями и скоплениями воронок на дне (в районе оз. Сасыккуль на верхней поверхности выравнивания). Встречаются карстовые источники, исчезающие и вновь появляющиеся на поверхности ручьи. В развитии карста пригребневой зоны хребта большую роль играют талые снеговые воды. Гипсовый и известняковый карст хребта Петра Первого в основном относится к типам задернованного и покрытого (Гвоздецкий, 1957, 1960а).

В 1955 г. экспедицией было обнаружено широкое распространение карста на северном склоне, в северных предгорьях и у подножия *Заалайского хребта*, где гипсовый и соляной карст приурочен к верхнемеловым породам. Западнее р. Алтындары, по левобережью р. Тараши, на северном склоне передовой цепи из конгломератов неогена (в ее пригребневой части) простирается полоса с обильными карстовыми воронками. Закарстованные гипсы вместе с верхнемеловыми известняками надвинуты здесь с юга на неогеновые конгломераты. В береговых обрывах р. Туз (левый приток Алтындары) происходит выщелачивание каменной соли, приводящее к образованию соляного наплыва в виде корки со сталактитами (полые "сосульки", достигающие 10 см длины). В правом борту долины р. Кызыларт, по которой проходит автомобильный тракт Ош-Хорог, есть

большая свежая провальная воронка, образовавшаяся в гипсах, прикрытых щебенчатой осыпью.

Особенно широко распространен гипсовый карст у подножия восточной части Заалайского хребта, в районе перевала Томурун и к востоку от него. Большое карстовое поле простирается на несколько километров в районе сая Кыркгоу на левобережье р. Кызылсу (восточной, относящейся к бассейну Кашгара). В бортах провальных воронок обнажаются гипсы и покрывающая их морена предпоследнего оледенения. Восточнее, на правобережье Кызылсу, встречаются группы провальных воронок, приуроченные как к коренным выходам гипсов, так и к заключенным в морене отторженцам, перенесенным на небольшое расстояние древним ледником (Гвоздецкий, 1957).

Древние ледники, сползавшие с Заалайского хребта, достигали северной окраины восточного замыкания Алайской долины и подножия *Алайского хребта* и оставили здесь морену из валунов. В этом районе найдены и описаны (Гвоздецкий, 1971) участки покрытого гипсового карста, имеющие глубокие крутосклонные, часто сдвоенные провальные воронки (ил. 29). Карстовые формы этих участков и восточнее перевала Томурун имеют верхнечетвертичный возраст, поскольку выщелачивание гипсов происходило под покровом морены предпоследнего (среднечетвертичного) оледенения. Судя по свежести обрывов многих провалов, карст развивается и в современную эпоху.

Велика роль карстовых вод в водоснабжении и питании термальных минеральных источников (Копетдаг); карстовые озера используются для водопоя скота (хр. Петра Первого). При дальнейшем освоении территорий гипсовый и отчасти карбонатный карст может служить помехой в дорожном, гражданском, промышленном и гидротехническом строительстве.

ГОРЫ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СРЕДНЕЙ АЗИИ С ПАЛЕОЗОЙСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОСНОВОЙ

К ним относятся хребты Тарбагатай и горная система Джунгарского Ала-

тау с герцинской складчатой структурой; Тянь-Шань со складчатой структурой в северной части каледонского и герцинского, в южной — герцинского возраста, а также северная часть Памиро-Алая — Гиссаро-Алайская система с герцинскими структурами, сливающаяся на юге с участком эпигерцинской платформы, деформированным альпийскими движениями (юго-западная оконечность системы Гиссарского хребта, Таджикская депрессия).

Особенности карста и его распространение в Тарбагатае и Джунгарском Алатау изучены слабо. Известно, что на хребте Тарбагатай в палеозойских известняках развиты карстовые явления. Поскольку в строении Джунгарского Алатау участвуют палеозойские известняки, то наличие карста (локального распространения) здесь не вызывало сомнений, что и было учтено при районировании (Гвоздецкий, 1957). К настоящему времени некоторые сведения о карсте Джунгарского Алатау, хотя и довольно скудные, опубликованы. Отмечено, что в этом районе распространены небольшие пещеры и воронки, высокодебитные родники, следы древнего карста. Имеют практическое значение приуроченные к известнякам карстовые воды, а также связанные с закарстованностью известняков большие водопритоки в горные выработки (Карст Казахстана, 1967).

Тянь-Шань и Гиссаро-Алай. Карстовые явления в этих горных системах отмечались еще в дореволюционных отчетах о геологических исследованиях В.Н. Вебера (хребет Каратау) и горного инженера К.И. Аргентова (Внутренний Тянь-Шань). В 20-х — начале 30-х годов они освещались в работах Д.И. Мушкетова, М.Г. Попова, особенно А.Е. Ферсмана и Д.И. Щербакова по юго-восточной Фергане, позднее — Ф.Ф. Мужчинкина, И.К. Зайцева, Я.А. Левена, П.С. Макеева, Н.А. Гвоздецкого, Е.И. Олли. Особенно широко изучение карста развернулось за два последних десятилетия, что отражено в работах М.А. Абдужабарова, А. Алимова, И.И. Атаджанова, П.А. Атаева, М.М. Маматкулова, В.Е. Рейса, З.С. Султанова, А.Г. Чикишева и др.



29. Воронки гипсового карста с покровом морены близ перевала Томурун.
Фото Н. А. Гвоздецкого

30. Стенные карры на плато Супа.
Фото Н. А. Гвоздецкого

31, 32, 33, 34, 35. Карры в ущелье Кульсу.
Фото Н. А. Гвоздецкого



Карстовые формы отличаются значительным разнообразием и вместе с тем оригинальностью, особенно в низкогорных поясах, где наиболее заметна опустыненность общего фона развития ландшафтов. Карры здесь (и даже в высоком среднегорье) часто разрушены физическим (термическим и морозным) выветриванием, встречаются зачаточные, т. е. нечетко выраженные, бороздчатые и лунковые карры, а также и трещинные, местами можно видеть

участки типичных трещинных карров. На хр. Каратау карры часто развиты по трещинам напластования (Олли, 1958). В бассейне р. Зааминсу на Туркестанском хребте летом 1977 г. автор встретил в обрыве верхнего яруса известнякового плато Супа, у перевала Супа (на абс. высоте 2450—2500 м), довольно редкие в нетропических областях стенные карры, а в ущелье прорыва реки Кульсу, в правом его борту, — лунковые карры, овальные углубления

типа камениц, борозды с изъеденными лунками руслами и бортиками, идущие вниз по откосу борта ущелья, разветвляясь и соединяясь, прямолинейные бороздчатые карры, переходящие на особенно крутых откосах в стенные карры. Особенно интересное карровое поле находится в средней части ущелья, на плоском и ровном известняковом откосе (наклоненная под углом $30-35^\circ$ отпрепарированная кровля пласта), который весь испещрен прямолинейными бороздами, идущими вниз по уклону строго параллельно друг другу. Ширина борозд (в среднем) — $10-12$ см, глубина — $5-15$ см, расстояние между бороздами — $5-20$ см, местами до



50 см и более.

Карстовые *воронки* многочисленны на участках гипсового карста и известнякового карста в высоком среднегорье (плато Кырктау в системе Зеравшанского хребта, наиболее приподнятые участки хребта Каратау), причем в первом случае типичны провалы, а во втором — воронки поверхностного выщелачивания. Очень характерны *ниши* в бортах каньонов, *колодцы*, *шахты* и *пропасти*. На плато Кырктау открыта киевскими и доис-

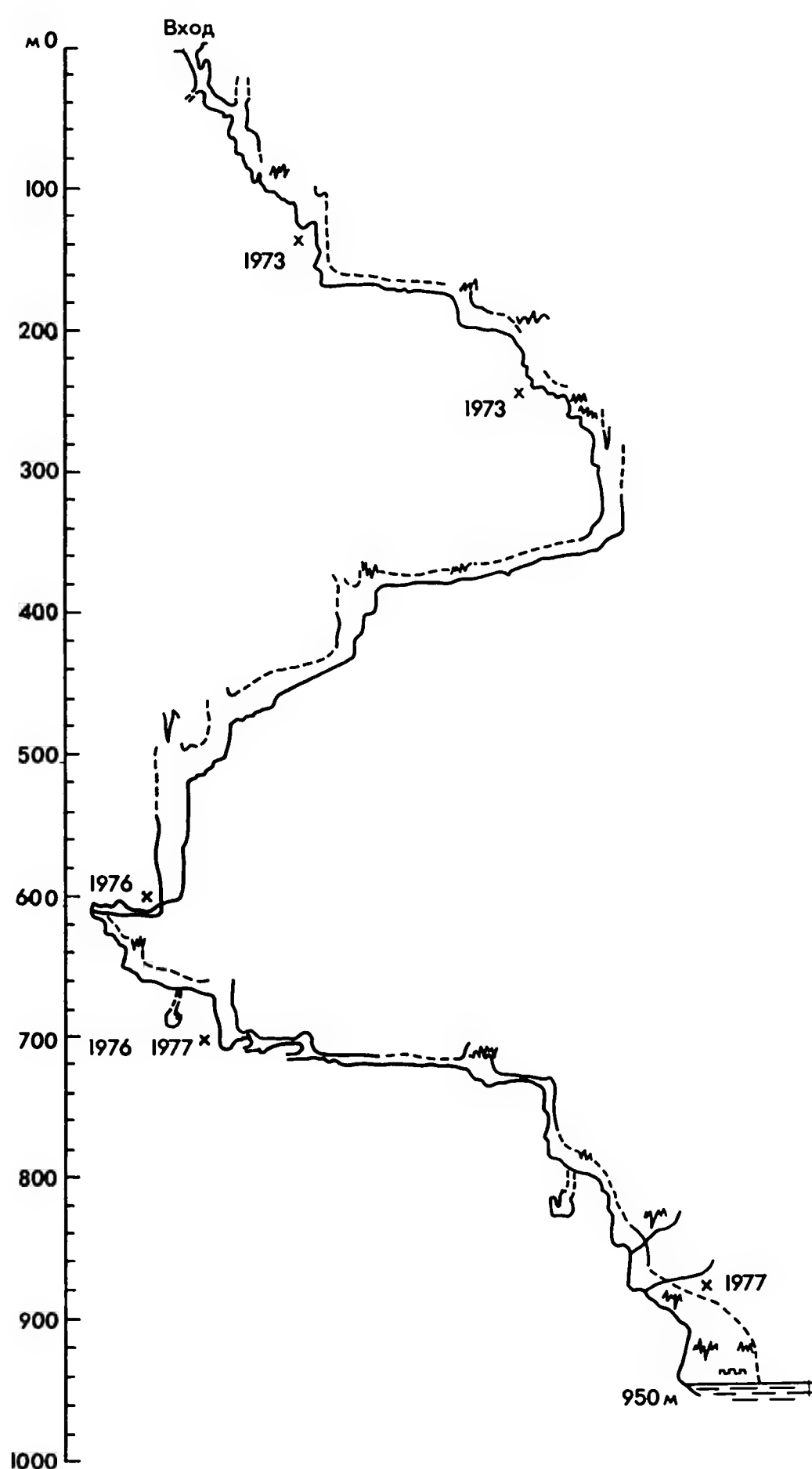
следована крымскими спелеологами вторая по глубине в СССР и в Азии пропасть Киевская. Первоначальные измерения показали, что глубина ее — 1082 м, но контрольные промеры 1977 г. дали 940 м до зеркала, находящегося на дне озера, при его глубине $5-10$ м (всего, следовательно, 950 м). Очень много *пещер*, которые, за немногими исключениями, не отличаются особенно большой суммарной длиной, но иногда значительны по объему полостей, особенно те, которые связаны с "рудным" (сернокислым) карстом (Кан-и-Гут на Туркестанском хребте, пещеры хребта Каратау — Гвоздецкий, 1954) либо представляют минералогический интерес.

В северной части Ферганского хребта, в массиве Бабаш-Ата, Д. Л. Армандом обследована пещера с крупными кристаллами кальцита, выработанная в девонских известняках. Пещеры с крупными кристаллами кальцита известны и в Гиссаро-Алайской системе. Такие пещеры есть, например, в верховьях р. Магиан и в окрестностях оз. Маргузор на р. Шинг (бассейн Зеравшана), в верхнесилурийских и нижнедевонских известняках (Материалы..., 1963: Я. А. Левен). В известняках палеозоя передовых цепей и массивов Алайского хребта (юго-восточная Фергана) также имеются пещеры и полости типа вертикальных каналов, стены которых одеты корами из крупных кристаллов кальцита, а также барита. Поистине изумительный природный феномен представляет собой Большая Баритовая пещера, близ р. Араван, описанная А. Е. Ферсманом, Д. И. Щербаковым и другими исследователями. Из пещер, расположенных поблизости, в Ошских горах, особенный интерес представляет Чильустунская пещера (Куранбай-Ата), значительная по размерам, со сталактитовыми драпировками, колоннами (сталагматами), сталактитами и сталагмитами, иногда весьма причудливой формы. Кроме сталактитовых кор из кальцита в ней имеется также барит (Щербаков, 1931; Дядюченко, 1970; Карст Узбекистана, 1970: П. Атаев). Помимо кальцита и барита в пещерах встречаются целестин (сернокислый стронций) и другие минералы.

36. Грот Аманкутан.
Фото Н. А. Гвоздецкого



37. Схематический разрез карстовой пропасти Киевская по съемке Всесоюзной экспедиции Кырктау-77 (руководитель В. В. Илюхин; в съемке и обработке материалов участвовали В. Я. Рогожников, А. Б. Климчук, А. Б. Стотланд). Крестиками показаны лагерные стоянки экспедиций 1973, 1976 и 1977 гг.



А. Е. Ферсман (1952) писал о стронциевых пещерах Лякана (между Сохом и Исфарой), стены которых покрыты целистиновыми корами.

Некоторые пещеры представляют большой интерес в археологическом отношении, например мустьерский грот Аманкутан в западной части Зеравшанского хребта и Ходжикентская пещера в Западном Тянь-Шане, пользующиеся всемирной известностью. В гроте Ак-Чункур у Сары-Джаза в Центральном Тянь-Шане обнаружены выполненные охрой наскальные рисунки, галька со следами обработки и рог козла, внутри которого сохранились следы краски (Окладников, Рацек, 1954).

Среди литологических типов карста господствует известняковый, но местами распространен гипсовый и соляной. Что касается морфологических типов, то для опустыненных низкогорий Тянь-Шаня и Гиссаро-Алая характерен своеобразный среднеазиатский вариант голого известнякового карста (в палеозойских толщах) с разрушенными физическим выветриванием каррами, с пещерами и с многочисленными в бортах каньонов нишами, но со слабым развитием карстовых воронок и других замкнутых поверхностных карстовых форм (Гвоздецкий, 1954, 1960а). Однако в среднегорных районах, получающих больше осадков, воронки в известняках появляются, а в высоком среднегорье ванный карстовый рельеф с многочисленными воронками и котловинами становится типичным, например на плато Кырктау в западной оконечности Зеравшанского хребта.

Из характерных для карста гидрологических явлений можно отметить сифонные карстовые источники на хребте Каратау, а во Внутреннем Тянь-Шане — описанные еще К. И. Аргентовым периодическое карстовое озеро, сообщающееся с подземными каналами — "катавотрами" в каньоне Кульсу (бассейн р. Коккия), карстовый источник Бирюк-Булак в известняках северного склона хребта Ат-Башы у пер. Богошты. Интересен воклюзский источник Абшир-Булак в каньоне Абширсай (южная Фергана), вытекающий из пещерного хода на высоте около 20 м над дном каньона (Гвоздецкий, 1960а; Дядюченко, 1970).

Районирование карста рассматриваемой территории выполнено при составлении схемы районирования всей Средней Азии (Гвоздецкий, 1957). Здесь выделено шесть основных единиц, названных областями, для которых в соответствии с принятой сейчас таксономической системой более подходят наименования провинций: Каратау, Западно-Тяньшаньская, Северо-Тяньшаньская, Внутреннего (и Центрального) Тянь-Шаня, Ферганского хребта, герцинских цепей Памиро-Алая, т.е. Гиссаро-Алайская.

На хребте *Каратау* карстовые явления развиты в известняках и доломитах верхнего девона и нижнего карбона. Распространены воронки, ниши, пещеры, карры (Олли, 1958). В условиях резко континентального климата при физическом выветривании ребра и выступы между карровыми бороздами часто отделены от коренных известняковых и доломитовых плит. В результате образуются каменные россыпи "изъеденных" растворением обломков. Характерны прямолинейные отрезки каньонов, заложившиеся вдоль трещин (Гвоздецкий, 1954, 1960а).

Велика роль известняковых фаций в строении хребтов *Западно-Тяньшаньской* провинции. Палеозойскими известняками сложены, например, плоские водораздельные поверхности на Угамском хребте, где имеется множество карстовых воронок и "слепых" (замкнутых в нижнем конце) долин. На плато Кырджайлов

в системе этого хребта насчитывается более 80 карстовых воронок на 1 кв. км. Состоит из известняков и передовой средневысотный хребет Казыкурт (южнее Чимкента), на котором также широко распространены карстовые формы рельефа. В известняках выработано узкое и глубокое ущелье нижнего течения р. Угам, впадающей в р. Чирчик. Карбонатный карст Чирчикской долины привлек к себе особое внимание в связи с сооружением здесь Чарвакской плотины и ГЭС, близ Ходжикента. У самого Ходжикента можно наблюдать разнообразные формы выщелачивания известняков в виде пещерных ходов, оригинальных полостей, ниш и пр. На Чаткальском хребте в районе Ходжикента на площади 1,5 кв. км обнаружено более 20 пещер (Состояние и задачи..., 1975; М. М. Маматкулов).

С юга к палеозойским структурам Западного Тянь-Шаня примыкает район низкогорного северо-западного обрамления Ферганской котловины с соляным и гипсовым карстом в породах палеогена и неогена, освещенном в работах о соляном карсте (А. И. Дзенс-Литовский, Г. В. Короткевич, М. М. Маматкулов и К. Р. Арипов) и о карсте Таджикистана (В. Д. Фоменко). Многочисленны воронки по дну и склонам сухих логов, есть слепые лога, карры, разнообразные останцовые формы, ниши, пещеры, колодцы, карстовые источники.

В *Северо-Тяньшаньской* провинции карстующиеся карбонатные породы в основном имеют сравнительно небольшую мощность, которая для доломитизированных и чистых известняков нижнего карбона увеличивается с запада на восток, вследствие чего, а также из-за наличия в верхах карбонатной толщи нижнего карбона прослоев гипса усиливается закарстованность на хребте Кетмень, в бассейнах рек Текес и Тюп, где известны воронки, колодцы, пещеры, ниши, карстовые родники. На хребте Терской-Ала-Тоо помимо карбонатных пород нижнего карбона закарстованы доломитизированные известняки силура (Карст Казахстана, 1975). На северном склоне хребта Терской-Ала-Тоо, в урочище Уч-Кашка, между верховьями рек Кар-Кыр и Тюп



38. Пещерная полость в урочище Чинары, Ходжикент.
Фото В. И. Рацека

Д. И. Исаевым описаны воронки и провалы колодцеобразной формы, расположенные на абс. высоте 3000—3200 м. В ущелье р. Чон-Кызылсу нами встречена небольшая известняковая пещера.

В Кегеньской впадине карстуется соленосная свита нижнего миоцена, на хребте Чуль-Адыр много воронок, котловин, соленых родников и пр.

Довольно широко распространены формы поверхностного выщелачивания в виде ниш в известняковых обрывах и другие карстовые явления во *Внутреннем* и *Центральном Тянь-Шане*. К. И. Аргентов обратил внимание на каньоны в нижнекаменноугольных известняках, где имеются пещеры, ниши и разнообразные формы выветривания, в окрестностях оз. Сонг-Кёль, а также в районах Нарынского хребта и бассейна Ак-Сая (каньон р. Текелика). Ниши и пещерные отверстия в палеозойских известняках *Внутреннего Тянь-Шаня* наблюдались в долине р. Нарын выше г. Нарына, в ущелье по пути из Коч-

корки в Нарын, южнее перевала Долон, а в Центральном Тянь-Шане — в долине р. Сарычат (Гвоздецкий, 1959). Вследствие выщелачивания линз каменной соли из неогеновых отложений во *Внутреннем Тянь-Шане* образуются многочисленные воронки, известные по р. Нарын ниже устья Алабуги, и южнее, в юго-западной части *Внутреннего Тянь-Шаня*, а также на берегу Токтогульского водохранилища (Печеркин, 1971). На *Ферганском хребте* кроме упоминавшегося массива Бабаш-Ата можно отметить закарстованность меловых известняков и известковистых песчаников на западном склоне южной части хребта, где имеются карстовые ниши, карры, столбы выветривания и выщелачивания, а также корродированные с поверхности головы гипсовых пластов среди меловых красноцветов (по данным А. Е. Фединой).

Гиссаро-Алайская система — наиболее крупная и лучше всего изученная область распространения карста в палеозойских известняках. Она тянется с востока на запад от соединения Ферганского и Алайского хр. до западной оконечности Нуратинских гор. После того как нами было выполнено районирование карста Средней Азии (1957), по этой территории накопился громадный материал, вероятно, ее следовало бы расчленить на несколько провинций, но это требует специального исследования.

Интересен карст района р. Араван в юго-восточной Фергане. Он развивался в несколько этапов. Существовавший здесь в доплиоценовое время расчлененный рельеф был почти нацело перекрыт континентальной толщей $N_2 + Q_1$, состоящей в нижней части из алевроитовых лёссовидных отложений, а вверху преимущественно из галечников. С поднятием местности началось формирование современного рельефа. По мере врезания и расширения долин древние известняковые гряды, погребенные под этой толщей, препарировались. Часть карстовых полостей района (пещер, шахт) образовалась еще до погребения древнего рельефа толщей $N_2 + Q_1$, на что указывают следы и остатки их заполнения (гипотеза А. Е. Ферсмана о четвертичном возрасте Тюямуянской

карстовой шахты оказалась несостоятельной). Другая часть образовалась в ранние этапы развития современного рельефа, т.е. в начале поднятия и расчленения исходной поверхности. Такой является, например, пещера Дикобраза, расположенная западнее ущелья Танге, недалеко от упоминавшейся выше Большой Баритовой пещеры. Молодые карстовые формы современного и предшествовавшего ему этапов связаны с нынешним, уже отпрепарированным рельефом и с бортами молодых эпигенетических ущелий. В бортах ущелий и каньонов множество небольших ниш-пещер. Оригинальные тоннели прежних рукавов Аравана расположены невысоко над руслом (Гвоздецкий, 1960а).

Располагающиеся севернее этого района Ошские горы не перекрывались осадками толщи $N_2 + Q_1$. Они поднимаются над образованной этой толщей поверхностью, полого опускающейся в сторону дна Ферганской котловины; карстовые процессы могли здесь развиваться непрерывно в течение неогена и начала четвертичного периода. Кроме упомянутой выше Чильустунской пещеры здесь имеется еще ряд пещер и уходящих вглубь полостей (Щербаков, 1931; Гвоздецкий, 1960а). По данным П. Атаева, полость Бешунгур в глубине содержит пять колодцев, самый глубокий — 100 м. Им уточнены размеры пещер, которые кроме Чильустунской и Бешунгур имеют длину не более 140 — 160 м.

К востоку от Араванского района находится Акбуринский карстовый район, сходный по истории развития рельефа с первым. К западу от этих районов в передовых грядах и массивах Алайского и Туркестанского хр. также широко распространен карст. Почти всюду — на Абширсае, Шахмардане, в районах Хайдаркана, Соха вплоть до урочища Шадымир с пещерой Кан-и-Гут к западу от Исфары, в южной Фергане встречаются пещеры, не говоря уже о неглубоких нишах (Гвоздецкий, 1960а). З. С. Султанов на междуречье Шахмардан — Исфара помимо пещер и шахт, выработанных в каменноугольных и отчасти девонских известняках, отмечает карстовые полости, не имеющие есте-

ственной связи с земной поверхностью и вскрытые при проходке горных выработок.

Во всех районах южного горного обрамления Ферганской котловины процессы растворения сыграли большую роль в разработке известняковых каньонов по тектоническим трещинам. Формы типа карстовых воронок встречаются лишь в виде редкого исключения. Поверхности известняковых хребтов голы и каменисты. Это своеобразные карровые поля с корродированными глыбами и обломками известняка, отделенными выветриванием от коренного массива.

Голые корродированные известняковые скалы характерны и для местности, где находится знаменитая пещера Кан-и-Гут ("рудник исчезновения", "рудник смерти"). В своей основе она представляет собой образование, связанное с "рудным карстом". Пещера выделяется грандиозностью своих залов, достигающих высоты 40 — 50 м (Гвоздецкий, 1954, 1960а; Дядюченко, 1970).

На дальнейшем продолжении Туркестанского хребта к западу, в верховьях р. Зааминсу и в протягивающихся от них на запад горах Чумкартау тоже развиты карстовые явления в известняках нижнего и среднего палеозоя. Помимо упомянутых карров нами наблюдались (1977 г.) карстово-эрозионные ложбины с нечеткими западинами на дне, осложняющие плоскую поверхность нижнего плато Супа, а также ниши, небольшие открытые гроты и пещерные отверстия в откосе верхнего плато Супа, а особенно многочисленные в ущелье прорыва р. Кызылмазар. В. И. Кучерявых (Карст Узбекистана, 1970) отмечает небольшие пещеры в ряде других пунктов, карстовые источники, кроме того, воронки, котловины и слепые долины, главным образом на участках сохранившегося покрова меловых и палеогеновых отложений — известняков и гипсов.

Палеозойские известняки местами закарстованы и на хребте Мальгузар. При выезде из Тамерлановых ворот на Джизакскую подгорную равнину в правом борту заканчивающегося здесь ущелья Санзара можно



39. Пещера в ущелье р. Санзар.
Фото Н. А. Гвоздецкого

видеть громадную вертикальную нишу под нависающей скалой и в глубине ее — выработанную по вертикальной трещине пещеру (длиной 25 м, высотой 8 м, шириной 2 м) с поднимающимся от входа полом. По косым и вертикальным трещинам разработаны полости и слепой ход вверху у конца пещеры.

В Нуратинских горах закарстованы девонские и каменноугольные известняки, имеются пещеры (А. Алимов).

Интенсивно развит карст в девонских и силурийских известняках гор Чакылкалян западной части Зеравшанского хребта. Плато Кырктау с многочисленными воронками, котловинами, с полуразрушенными и разрушенными каррами, цепями воронок в ложбинах пригребневой части северного склона является своего рода континентальным аналогом яйл Горного Крыма (Гвоздецкий, 1960б; он же — Спелеология и карстование, 1959). Здесь обнаружены глубочайшая пропасть Киевская и ряд других, глубиной до 140 м. Западнее, ближе к перевалу Тахтакарача, в верховьях

Бульбульзарская и Майданская тоже есть крупные воронки, а на платообразном гребне хребта, образованном известняками силура, — разрушенные карры. При посещении этого участка в начале апреля (1962 г.) можно было видеть, как талые снеговые воды "гложут" известняк. И воронки были заполнены снегом, талые воды которого корродируют их борта. Одна из воронок переходит в глубине в карстовую шахту Комсомольская, общей глубиной 81 м, — первая из шахт, обнаруженных в районе Кырктау. Поблизости расположен упоминавшийся грот Аманкутан. В южных отрогах массива Каратепа (Каратюбе) западной части Зеравшанского хребта известны пещеры Каттаопа и Еттыкыз. На южном склоне Зеравшанского хребта есть и другие пещеры (Карст Узбекистана, 1970: М. А. Абдужабаров, Р. Х. Халимов).

В массиве Каратепа оригинальна пещера Амир-Темир, первоначально обнаруженная полость которой образовалась путем выщелачивания известняка, залегающего среди гранита. Лишь остатки слоев известняка указывали на карстовое происхождение этой полости. Позднее в системе этой пещеры были обнаружены еще полости — со сталактитами, занавесями, ребристыми натеками и драпировками, арагонитовыми цветами (Спелеология и карстование, 1959: Л. А. Канаев, О. Ю. Пославская; Материалы..., 1963: Ю. Б. Виноградов).

В располагающихся западнее, на продолжении Зеравшанского хребта, невысоких Зирабулак-Зиаэтдинских горах тоже развит известняковый карст в виде пещер, карров, карстовых источников (Карст Узбекистана, 1970: М. А. Абдужабаров; он же — Материалы..., 1963).

Есть в Гиссаро-Алае и реликтовые формы останцового тропического карста. В качестве таковых И. Секира (Sekyra, 1965) рассматривает известняковые скалистые останцы возле города Ош (в том числе гора Тахти-Сулейман в самом городе) и расположенные на абс. высоте более 4500 м известняковые вершины у пер. Талдык в Алайском хребте. Их нам удалось наблюдать во время одной из экспедиций на Памир. Особенно четко

они выделяются к востоку от перевала Талдык, возле перевала 40-летия Киргизии. Голые скалистые останцы возвышаются над задернованной поверхностью гребня хребта среди альпийского луга. В восточной части северного склона Алайского хребта, в районе верховья правого истока р. Кызыл-Су — р. Айлямы, и близ перевала Томурун также распространены останцы (из известняков девона). Они и скалы в виде клыков, выделяющиеся среди альпийской лугостепи, расположены здесь на высотах 3500—4000 м (Карст в карбонатных породах, 1972).

В окрестностях оз. Искандеркуль, на р. Искандарье есть группы известняковых останцов, которые И. С. Щукин (1964) сравнивает с башнями и конусами тропического карста. Внешнее сходство этих останцов с тропическим карстом настолько поразительно, что в глобальном обзоре помещена их фотография для сравнения с помещенной в том же обзоре фотографией останцового ("фунлинного") карста Южного Китая (Гвоздецкий, 1969).

Среди палеозойских складчатых структур Тянь-Шаня и Гиссаро-Алая встречаются карстовые формы, приуроченные к мезокайнозойским осадкам, дислоцированным при альпийских тектонических движениях палеозойского складчатого остова. Таковы, например, карстовые формы на синклинальных плато в западных предгорьях южной оконечности Ферганского хребта (где он смыкается с Алайским хребтом) в бассейне Тара — на водоразделе рек Лайсу и Буйга. Карстовый процесс здесь развивается в загипсованных известняках палеогена, которыми образованы поверхности плато, испещренные карстовыми воронками. Карст в гипсах палеогенового возраста локально распространен в южной Фергане. З. С. Султанов обнаружил гипсовую пещеру Актурпак (длиной 137 м) вблизи одноименного селения в долине р. Сох. Гипсовый карст очень интенсивно развит по правому берегу Зеравшана на междуречье его притоков — рек Миндона и Вишист (Таджикистан).

Происхождение складок в мезокайнозойском покрове юго-западной

оконечности системы Гиссарского хребта и Таджикской депрессии объясняют подвижками по разломам в палеозойском складчатом основании и относят эти территории к эпигерцинской платформе. Во многих районах здесь распространен известняковый, гипсовый и соляной карст, часто в сочетании друг с другом. Местами, несмотря на засушливый общий климатический фон, карст развит весьма интенсивно, особенно гипсовый и соляной. Его изучали А. Р. Бурачек, А. В. Данов, Д. Богданович, А. И. Дзенс-Литовский, С. М. Чихачев, А. А. Крейтер, Ю. Я. Кузнецов, О. Ю. Пославская, Н. А. Гвоздецкий, М. А. Абдужаббаров, А. Маматов, Т. Е. Сумочкина, М. А. Хашимов и др.

В рассматриваемой области помимо карстующихся карбонатных пород (главным образом известняки верхней юры) широко распространены морские карбонатно-гипсоносные и в особенности лагунные гипсоносные толщи мезокайнозоя. Интенсивно закарстована гаурдакская свита ангидритов, гипсов, каменной и калийных солей, перекрывающая известняковую толщу келловей-оксфорда. Карстуются гипсы, содержащиеся в красноватых и пестроцветных отложениях нижнего и верхнего мела, палеогена, карбонатные гипсоносные отложения бухарского горизонта палеогена.

В *Яккабакских горах* на севере области отмечены известняковые и гипсовые пещеры, а также карры, воронки, котловины (Карст Узбекистана, 1970: А. Маматов). В районе котловины *Шуробсая* и соседних с ним, по данным О. Ю. Пославской, А. А. Крейтера, Т. Е. Сумочкиной, М. А. Хашимова и др., карст развивается преимущественно в верхнеюрских породах; относительно слабо карстуются известняки и очень интенсивно — гипсы. Здесь есть пещеры, воронки, иногда группирующиеся цепями, колодцы, котловины, исчезающие и пещерные ручьи. В верхнеюрских известняках гор *Байсунтау* близ кишлака Мачай находится крупный грот Тешикташ, представляющий большой интерес в археологическом отношении (Окладников, 1940).



40, 41, 42, 43, 44, 45. Провалы в гипсах на междуречье рек Миндона и Вишист.
Фото Н. А. Гвоздецкого

К западным отрогам хребта Байсунтау относятся местности Мингчукур и Кухисурх, где распространен гипсовый карст с арчевым редколесьем и с огромным количеством воронок и сложных ванн (название Мингчукур означает "тысячи ям") и высокой плотностью их расположения. По соседству с Мингчукуром есть подземные водотоки и родники в горных долинах. В одном из саев близ кишлака Кокбулак наблюдается цепь провалов и гипсовых пещер, "нанизанная" на водоток с подземным, а ниже с поверхностным течением. Верхняя пещера — Кяптархана ("го-

лубиная"), более 1 км длиной, — одна из крупных среди описанных в Узбекской ССР. В гребневой зоне южной оконечности Байсунтау расположено оз. Хомкон в провальной карстовой котловине, образовавшейся около 150 лет назад.

Для хребта *Кугитангтау* характерны ниши и открытые гроты, а также карры, местами стенные (в ущелье с пещерой Кирккиз южнее кишлака Ходжайфил), в бортах каньонов, разрезающих верхнеюрские известняки. Однако наиболее интенсивно в районе этого хребта развит гипсовый карст. К северной части хребта примыкает



46. Кухисурх. Голый гипсовый карст.
Фото Н. А. Гвоздецкого

47. Устья трещинных колодцев и шахт в гипсах на вершине останцовой гряды Ходжарустам.
Фото Н. А. Гвоздецкого

останец Ходжарустам с гипсовым карстом, где карстовые явления характеризуются исключительно интенсивным развитием. Карстовые желоба, разработанные по трещинам, которые рассекают вершинную поверхность останца (ил. 47), переходят в шахты глубиной более 35 м. Глубокие провалы с обрывистыми бортами достигают 80—100 м в диаметре. Карстовые шахты (свыше 60 м глубиной) и пещеры пронизывают недра останца. У его подножия — высокодебитные карстовые источники. Водобильность останца, вероятно, определяется гидрогеологической связью со средневысотным известняковым гребнем Кугитангтау.

Среди карстовых форм южной части района Кугитангтау особенный интерес представляют большие по суммарной длине Карлюкские пещеры — Хашимоёк и Капкотан. Об одной из этих пещер (по-видимому, о первой) упоминалось, как указывают М. М. Маматкулов и М. А. Хашимов, в книге древнегреческого ученого Диодора "Библиотека", относящейся к III в. до н. э. Обе пещеры развиты в верхнеюрских известняках, но имеют гипсовые сталактиты, сталагмиты, желваковидные натёки и кристаллы, а также сталактито-сталагмитовые образования из мраморного оникса. Пещера Хашимоёк состоит из главного хода (длиной около 2 км), множества залов и ответвлений. Суммарная длина всех проходов и залов пещеры Капкотан не менее 3 км. Из ее убранства осо-



бенно выделяется ониковый занавес в уголке Кафа. Что касается гипсовых сталактитов и сталагмитов Карлюкских пещер, то, возможно, что первоначально эти образования были известковыми, но в процессе метасоматоза кальцит был замещен на гипс, что отмечалось и для пещеры Фата-Моргана на гаурдакском участке района (Лекух, 1973; Состояние и задачи..., 1975: В. И. Кучерявых; А. Б. Климчук и Н. Л. Яблокова).

В Таджикской депрессии также распространен гипсовый и карбонатный карст (В. Д. Фоменко; Чикишев, 1974), но особенно привлекательны



48. Соляной карст у подножия купола Ходжаикан на юге Узбекистана.

Фото В. И. Рацера

для исследователей формы соляного карста в Кулябском районе Таджикистана. Поднимающиеся на 900 м над окружающей равниной соляные купола Ходжа-Мумын, Ходжа-Сартис — самые высокие открытые соляные купола в СССР. Каменная соль этих куполов имеет верхнеюрский возраст. Поверхность куполов изрыта многочисленными воронками (ил. 48), наблюдаются также глубокие провалы, впадины, колодцы, карры, сталактитовые пещеры и пр. У подножий куполов вытекают соляные родники (Дзенс-Литовский, 1966; Короткевич, 1970; Материалы..., 1963: Л. Н. Дриго). А. И. Дзенс-Литовским описана Тигровая пещера, рождающая при дуновении ветра музыкальные звуки от тонких и длинных соляных сталактитов. Одна из карстовых шахт на куполе Ходжа-Мумын, по данным Г. В. Короткевича, имеет глубину 70 м.

Спелеофауна Средней Азии обнаруживает много общего с фауной пещер Афганистана (Actes..., 1969: С. И. Левушкин).

Народнохозяйственное значение карста в горах восточной части Средней Азии определяется прежде всего использованием подземных карстовых вод и карстовых родников для водоснабжения, что здесь особенно важно, поскольку населенные пункты и многие промышленные предприятия располагаются в безводных пу-

стынных и полупустынных районах предгорий и подгорных равнин. Изыскания карста велись и ведутся в связи с гидротехническим строительством (Чарвакской и других ГЭС, намеченных к строительству). К карбонатным карстовым коллекторам приурочены нефтяные и газовые месторождения в Ферганской котловине и Кичик-Бель в Вахшской долине (Максимович, Тюрина, 1975). С карстом связаны месторождения некоторых редких металлов, бокситов (в Нуратинском карстовом районе), барита, мраморного оникса. В небольших пещерах и гротах находят мумии (в Западном Тянь-Шане в бас. Угама и Пскема известно 27 пещер с мумией). В пещере Ходжанпок Шурчинского района Сурхандарьинской области есть лечебные сероводородные источники. Многие пещеры местное население использует как холодильники, а пещера у селения Пскем в Западном Тянь-Шане превращена в хранилище ульев. Большие скопления гуано в некоторых пещерах служат удобрением. Многие пещерные полости и глубокие ниши используются как загон для скота и сенохранилища.

ТУРАНСКАЯ РАВНИНА

Туранская равнина, неточно называемая Туранской низменностью,

соответствует в основном Туранской плите, которая относится к тектонической зоне эпигерцинской платформы. Это обширная пустынная равнина, осложненная местами невысокими кряжами с пустынными и полупустынными ландшафтами. Герцинские складчатые структуры основания платформы перекрыты мезокайнозойскими отложениями, в составе которых имеются известняковые и гипсоносные толщи. На участках местных поднятий герцинские структуры выступают на поверхность либо по оси антиклиналей мезокайнозойского чехла (Мангышлакское нагорье и др.), либо в виде изолированных низкогорных массивов (в центральной части пустыни Кызылкум), в строении которых принимают участие палеозойские известняки.

Таким образом, и в мезокайнозойском платформенном чехле, и в некоторых выступах основания платформы имеются растворимые водой породы. В тех и других наблюдаются карстовые явления, которые изучались Г. И. Доленко, С. Ю. Геллером, И. П. Герасимовым, Н. П. Лупповым, Б. А. Федоровичем, О. Ю. Пославской, Ю. Я. Кузнецовым, Е. Е. Немчиновой, Т. Е. Сумочкиной, Э. А. Агбальянцем, А. Алимовым, Г. М. Потаповой, А. Г. Чикишевым, Н. А. Гвоздецким и др.

Карстовые формы Туранской равнины в значительной части возникли в иной палеогеографической обстановке прошлого, в условиях более влажного, чем сейчас, климата. Развитие карста в современной пустынной обстановке лимитируется недостатком влаги, однако оно все же продолжается. Проблемы изучения карста в пустынях Средней Азии следующие:

1) отграничить действительно современные проявления карстовых процессов от древних форм, возникших в иной географической обстановке прошлого;

2) установить процессы и факторы, способствующие развитию карста в нынешних пустынных условиях, при крайне малом количестве атмосферных осадков (менее 200 мм, местами даже менее 100 мм за год).

Необходимо выяснить степень интенсивности современных карстовых

процессов в пустынях Средней Азии. Для этого нужно изучить общую картину подземного стока, местные особенности циркуляции, химизм и агрессивность подземных вод в карстовых районах, определить, как влияет неравномерность (в пространстве и времени) поверхностного стока на развитие карста, каково значение рыхлых покровных отложений, и, наконец, выявить условия и возможности конденсации вод и их роль в карстовании.

П. М. Большаков (1962), ссылаясь на данные Н. И. Плотникова, указал, что глубинный (ниже местного базиса эрозии) региональный сток подземных вод обуславливает формирование естественных запасов пресных вод, обнаруженных по юго-западному склону хр. Каратау, в пустынях Кызылкум, Каракумы и др. На неравномерность поверхностного стока в пространстве и его влияние на развитие карстового процесса указывал Б. А. Федорович (1949, 1962). Можно отметить еще сезонную неравномерность стока, влияние весеннего промачивания грунта на развитие карста, а также увеличение поверхностного стока и инфильтрации при снеготаянии, весенних осадках и зимой при оттепелях.

Роль рыхлых покровных отложений в концентрации вод над карстующимися толщами отмечена О. Ю. Пославской (1954). По ее мнению, поверхностные образования способствуют накоплению влаги и препятствуют ее расходу. Под влиянием накопившейся влаги происходит выщелачивание лежащих ниже растворимых пород — известняков, гипсов. Там, где подземные полости древние, например на Устюрте, воды, накапливающиеся в рыхлом покрове и просачивающиеся сквозь него в известняки и гипсы, способствуют ослаблению кровли полости и образованию провала на поверхности.

П. М. Большаков (1962) собрал много фактов, указывающих на существенную роль конденсационной влаги в развитии карста. Ведь конденсационные воды не насыщены растворенным веществом, а потому агрессивны. Если покровные отложения состоят из золовых песков, следует

учитывать роль не только термической конденсации на их поверхности, но и внутрипочвенного поглощения водяных паров посредством сорбции. По данным П. И. Колоскова, гигроскопическое поглощение, или сорбция, в песке кроме так называемой "гигроскопической воды" может давать также воду пленочную и капиллярную. Этот процесс (как и возможная в утренние часы подповерхностная термическая конденсация) не дает гравитационной воды, которая могла бы достигнуть растворимых пород, но за счет сорбированной влаги большее количество метеорных вод, а также вод поверхностной термической конденсации может просочиться через почву и верхний слой грунта. Во влагооборот, участвующий в карстовом процессе, включается и та влага, которая иначе ушла бы на образование пленочной и капиллярной воды в сухом грунте.

Факты во всяком случае говорят о том, что в пустынях Туранской низменности карст распространен довольно широко — почти всюду, где есть растворимые горные породы, и что наряду с формами, унаследованными от прежних геологических эпох, существуют мезо- и микроформы, несомненно обязанные действию современных карстовых процессов, которые, кроме того, участвуют и в развитии крупных форм рельефа — отступании обрывистых стен плато и обрывов бортов впадин, в их расширении и т. д.

Карстовые явления отмечены в останцовых горах и возвышенностях пустыни Кызылкум, где в палеозойских известняках есть небольшие пещеры, открытые гроты, ниши, навесы, закарстованные трещины, карры, небольшие воронки поверхностного выщелачивания, карстовые источники. Ниши и каверны местами встречаются в гипсированных известняках палеогена. В сильно загипсованных и засоленных глинистых отложениях развиваются карстово-суффозионные явления (А. Алимов, Т. Е. Сумочкина; Материалы..., 1963: Е. Е. Немчинова).

Н. П. Луппов считал, что в образовании примыкающей к Устюрту Сарыкамышской котловины большую



49. Карстовая котловина на западной окраине плато Устюрт.
Фото Н. А. Гвоздецкого

роль сыграли карстовые процессы. Влияние карстовых и суффозионных процессов на ее разработку отмечал И. П. Герасимов.

Из карстовых провинций Туранской равнины интересна Мангышлак-Устюртская. Карст связан здесь с неогеновыми известняками и гипсами (известняки главным образом сармата и гипсы тортона), участвующими в строении верхнего структурного яруса плато Устюрт и южного Мангышлака. Слабая дислоцированность этого структурного яруса проявляется в пологих складчатых деформациях.

На Устюрте встречаются разнообразные формы карста: мелкие блюдца и западины, поноры, воронки, крупные провалы с вертикальными или нависающими бортами ("аны"), колодцы, пещеры, котловины и долинообразные понижения. По мнению Ю. Я. Кузнецова и других исследователей, крупные карстовые формы рельефа на Устюрте в основе являются реликтовыми образованиями, связанными с более влажными климатическими условиями прошлого. По Ю. Я. Кузнецову (1963), интенсивное карстообразование шло в нижнем плиоцене. Тогда же были созданы карстовые котловины и большие подземные полости, своды которых впоследствии обрушились (очевидно, не без участия процессов выщелачивания по трещинам), что привело к возникновению свежих крупных провалов на поверхности. Провалами открываются и многочисленные на Устюрте пещеры (преимущественно карстово-гравитационные). Самые

50. Бровка Западного чинка Устюрта. Оседание слоев сарматских известняков вследствие выщелачивания по трещинам наслонения и вертикальным тектоническим трещинам.
Фото В. Г. Полякова



51, 52. Мангышлак. Пещера у мыса Мелового.
Фото В. Г. Полякова

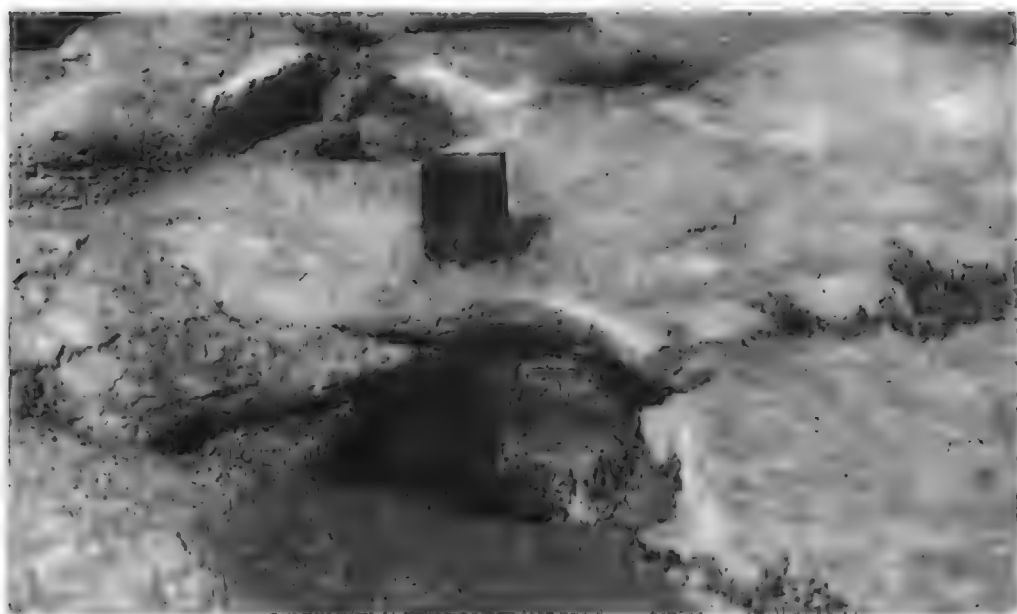


крупные — пещера-шахта Болоук глубиной 120 м, длиной свыше 140 м и Сарыкамышская пещера 200 м длиной (Ю. Я. Кузнецов, 1963; Материалы..., 1963; Чикишев, 1971).

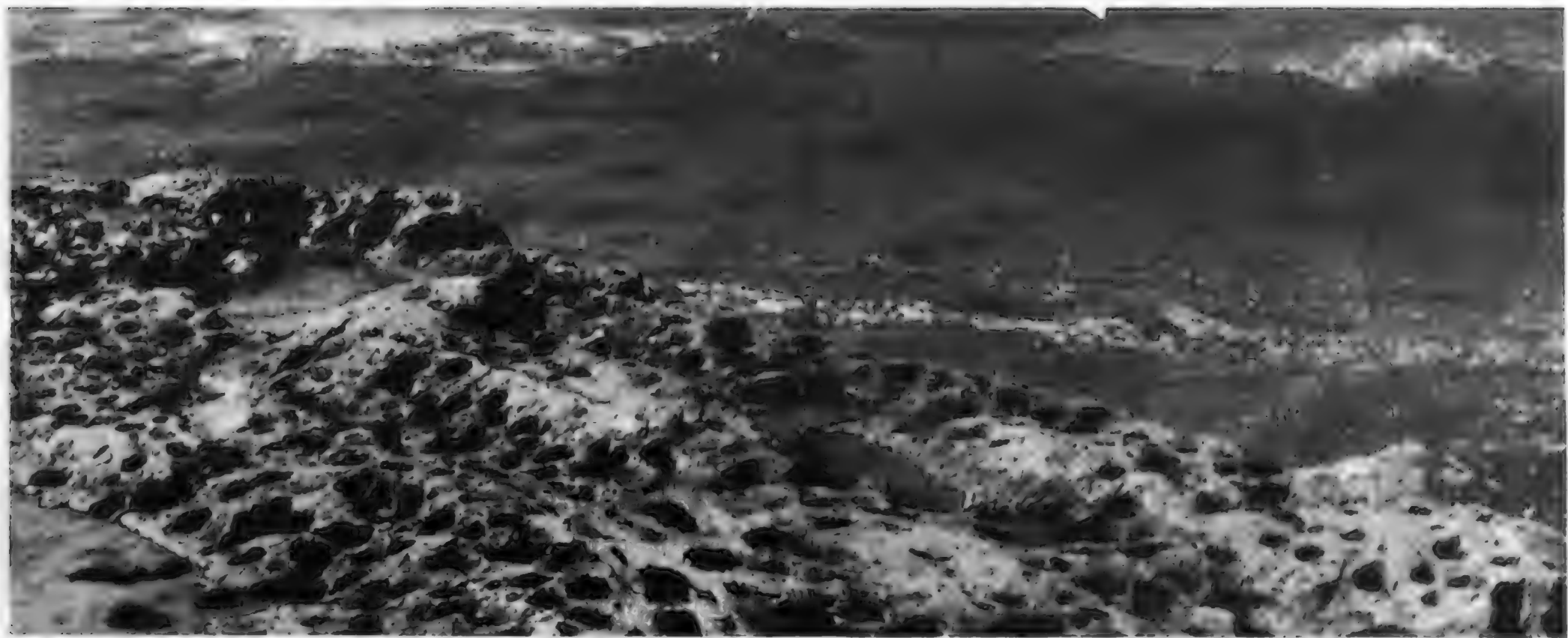
К современным формам, созданным исключительно за счет карстовых процессов, относятся блюдцеобразные западины и пологие плоскодонные котловины, возникшие в результате поверхностного выщелачивания известняка (Типы карста..., 1965:

Ю. Я. Кузнецов). Одна из таких котловин изучена нами совместно с В. Г. Поляковым на западной окраине плато Устюрт близ колодца Маната (ил. 49). Ее размеры в плане 400 на 200 м, а борта частью в виде четких уступов до 6 м высотой, частью же пологие, с превышением бровки над дном всего на 1,5—2 м. У Западного чинка Устюрта, на краю плато, наблюдались также лунковые карры, маленькие карстовые блюдца, длинные

пологие западины, рвы и цепи глубоких колодцев, приуроченные к трещинам, которые раскрыты действием бортовой разгрузки. В самом же обрыве (чинке) имеются пещерные полости, разработанные по таким же трещинам, и многочисленные ниши. В процессе выщелачивания сарматских известняков по трещинам наслонения и по раскрытым за счет бортовой разгрузки вертикальным тектоническим трещинам с последующим отседанием и обрушением глыб про-



53. Формы морского карста в неогеновых известняках на побережье Мангышлака. Фото Н. А. Гвоздецкого



исходит разрушение и отступление чинка.

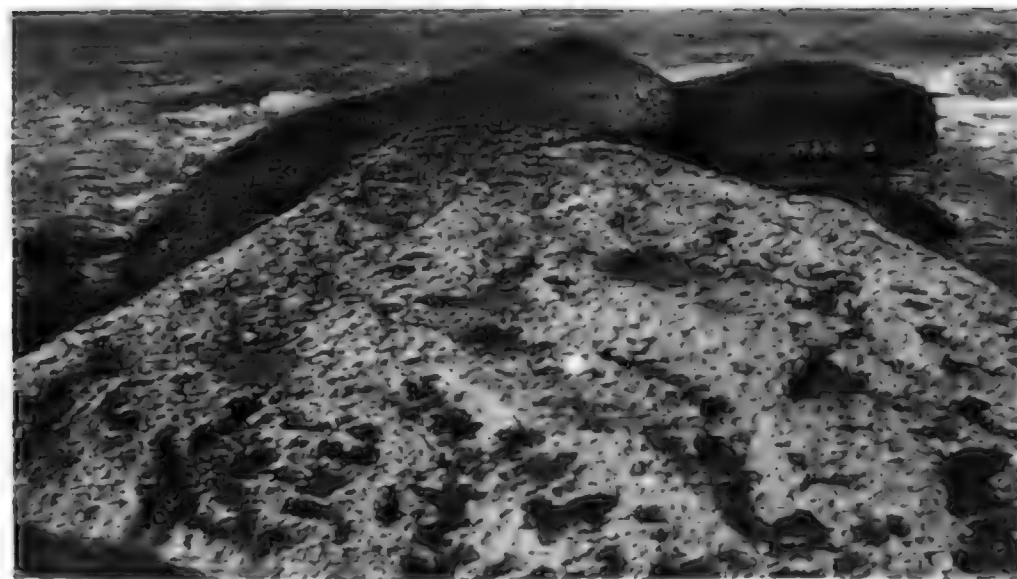
Гипсовый карст широко распространен на юге Устюрта во впадине Ассак-Аудан, сливающейся с Сарыкамышской котловиной.

Формы известнякового карста, возникшие в результате растворяющей деятельности морских вод, известны у мыса Изенды-Арал на Аральском море. В известняковых береговых обрывах *Мангышлака* широко распространены пещеры, образовавшиеся в результате разрушительной деятельности морских волн и карстовых процессов. Интересна Омартинская пещера в районе Бекдаша близ селения Омарата, значительная по протяженности (длина главного хода с ответвлениями — 342 м), разработанная по системе трещин. По мнению Б. А. Федоровича, она образовалась во время хвалынской трансгрессии Каспия путем выщелачивания известняков морской водой и является "типичным примером морского карста" (Региональное карстоведение, 1961, с. 153). Нами исследована (1976 г.) описанная ранее

54. Морской карст Мангышлака. Лунковые карры в плитах неогенового известняка. Фото Н. А. Гвоздецкого



55. Морской карст на берегу моря в городе Шевченко. Котловидные углубления. Фото В. Г. Полякова



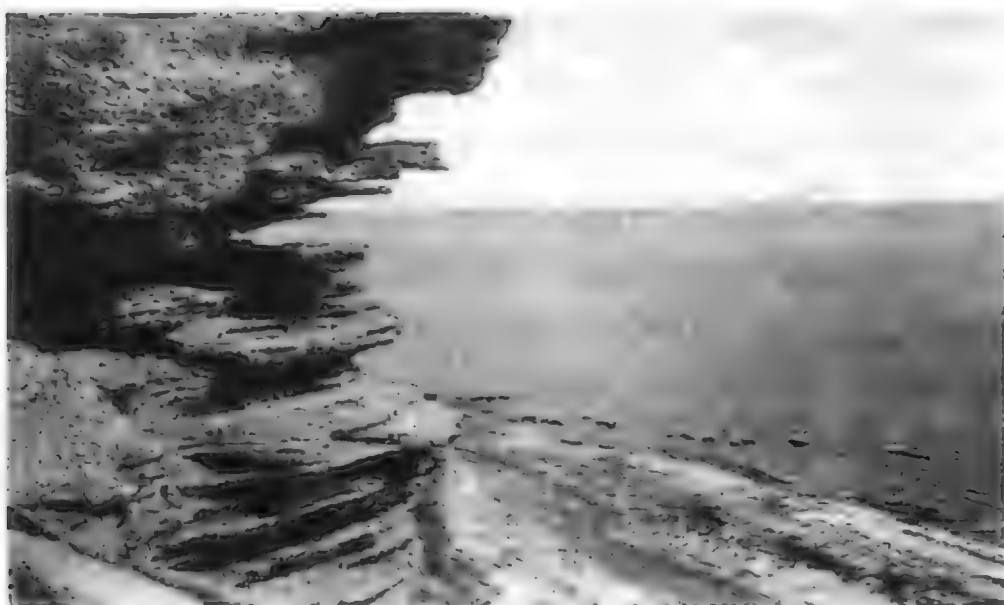
56. Морской карст у мыса Токмак. Лунковые микрокарры. Фото В. Г. Полякова



57. Морской карст у мыса Токмак. Углубления мелких котловидных карров.
Фото В. Г. Полякова

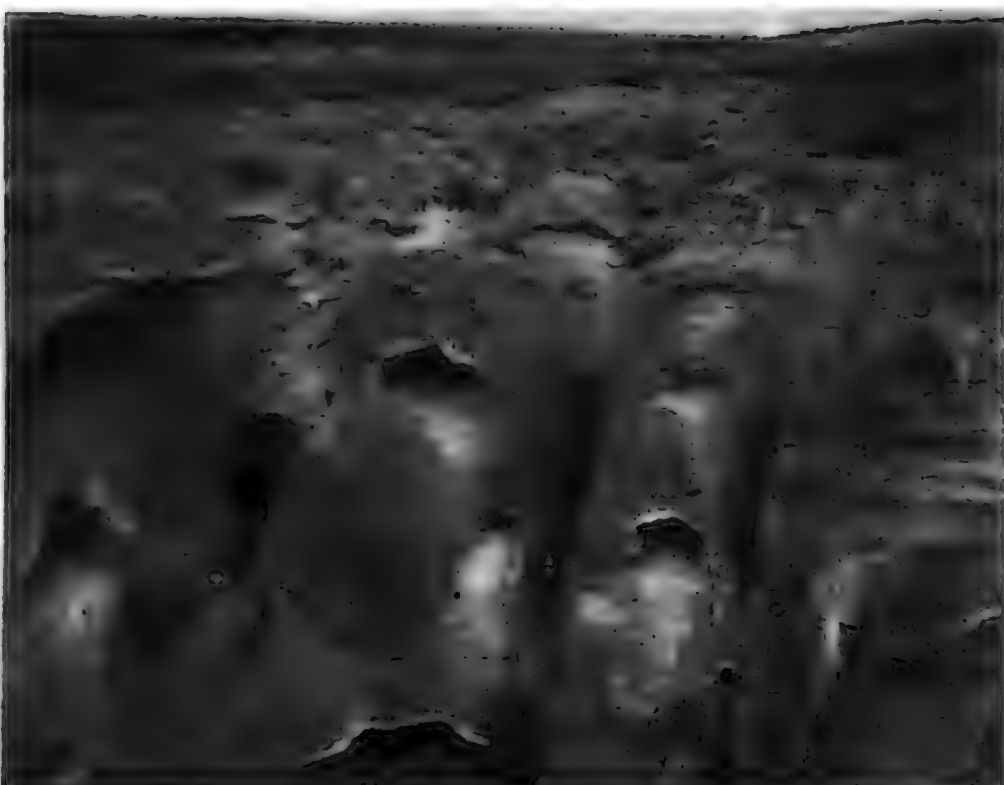


58. Ячеистые карры в неогеновых известняках. Форт-Шевченко.
Фото Н. А. Гвоздецкого



59. Мыс Токмак. Формы выщелачивания известняков по трещинам наложения.
Фото В. Г. Полякова

60. Карстовые ниши в известняковом обрыве хребта Актау.
Фото В. Г. Полякова



Ю. М. Клейнером пещера у мыса Мелового (теперь здесь вырос г. Шевченко), которая оказалась большего размера (не 35, а около 100 м общей длины), что еще убедительнее показывает, что эта форма морского карста, а не абразии.

В 1976 г. совместно с В. Г. Поляковым мы исследовали морской карст в г. Шевченко и у мыса Токмак, а формы пустынного и полупустынного карста в неогеновых известняках западного и южного Мангышлака и верхнемеловых — во многих районах гребня Северного Актау в Мангышлакском нагорье. Для морского карста особенно типичны лунковые карры (ил. 54), округлые и овальные котлы (более мелкие из них, вероятно, можно отнести к каррам типа камениц), лунковые микрокарры на плитах раковистого известняка (лунки образуются путем выщелачивания цемента, самих раковин и их удаления), встречаются трещинные карры. Из форм обычного (не морского) известнякового карста можно отметить те же типы карров, а также настенные и подземные (в пещерах-нишах) лунковые карры — фасетки, оригинальные настенные ячеистые карры, встреченные на полуострове Тюб-Караган у Форта Шевченко (ил. 58) и в борту впадины Карагие. Встречаются также котлы выщелачивания, пологие карстовые котловины, обширные и небольшие, карстовые рвы возле бортов впадин (урочище Хумурын у юго-восточного борта впадины Узень), открытые гроты; многочисленны ниши в крутых откосах и отвесных обрывах, выработанные путем выщелачивания известняка по трещинам наложения, реже — по вертикальным и крутонаклонным трещинам.

Какова же роль карстовых процессов в образовании крупных бессточных впадин южного Мангышлака? Считают, что карстовые процессы играли основную роль на первоначальном этапе их образования при разрушении бронирующего известнякового покрова (Ю. М. Клейнер, П. П. Иванчук). Наблюдения на бортах впадин Карагие и Узень привели нас к выводу о том, что и сейчас роль выщелачивания известняков

исключительно велика. Впадины продолжают формироваться. Они расширяются за счет отступления бортов (процессы, аналогичные отмеченным для чинка Устюрта).

К северо-восточной части Чуйской синеклизы приурочен район гипсового карста Сарысуйских куполов, который на прежней схеме районирования карста (Гвоздецкий, 1957) был отнесен к окраине области Казахского мелкосопочника (Казахской складчатой страны), но, поскольку этот район находится в пределах Туранской плиты, правильнее причленить его к рассмотренной карстовой стране Туранской равнины. Здесь многочисленны карстовые воронки в гипсах каменноугольного возраста. Гипсовый и отчасти известняковый карст есть и в восточной части пустыни Бетпак-Дала (там же; Карст Казахстана, 1967).

Народнохозяйственное значение карста Туранской равнины обусловлено прежде всего тем, что распределение карстовых форм и форм рельефа не типично карстовых, но образовавшихся при участии карстовых процессов важно для поисков нефтегазоносных структур. Так, крупные впадины, подобные упоминавшимся при характеристике карста Мангышлака, свидетельствуют о наличии новейших локальных структур типа пологих брахиантиклиналей, перспективных для поисков нефти и газа (Г. М. Потапова). К карбонатным отложениям главным образом верхней юры приурочены газовые и нефтяные месторождения восточной Туркмении и западного Узбекистана, причем емкостями им служат поры и каверны, образовавшиеся в результате выщелачивания, и расширенные растворением трещины (Карстовые коллекторы..., 1973). В Центральнокызылкумском районе за счет подземных вод, заключенных в закарстованных породах палеозоя, осуществляется водоснабжение ряда населенных пунктов. Эти воды пополняют также запасы прилегающих артезианских бассейнов.

РАВНИНЫ И НИЗКОГОРЬЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

Эта карстовая страна состоит из двух различного строения областей: Тургайского плато, представляющего собой эпигерцинское платформенное образование, и Казахского мелкосопочника с каледонским и герцинским складчатым комплексом на западе и герцинским на востоке.

На Тургайском плато нет условий для развития карстовых явлений на поверхности, но на глубине карст имеется, например в известняках нижнего карбона района Соколовского и Сарбайского железорудных месторождений в Кустанайской области. Карст обнаружен также на Яковлевском и Качарском месторождениях. Распространен погребенный карст, с которым связаны бокситовые месторождения.

В области Казахского мелкосопочника современные карстовые процессы развиты сравнительно слабо, что объясняют незначительным количеством осадков. К этому нужно еще добавить высокие летние температуры, определяющие большую испаряемость влаги, суровость зимы, когда почва промерзает, затрудняя инфильтрацию, а оттепели бывают редко. Более благоприятные условия наблюдаются в районах, испытавших активные неотектонические поднятия, с низкогорным рельефом и повышенным количеством атмосферных осадков (до 400 мм в год). К растворимым относятся комплексы карбонатных пород (известняков и доломитов, отчасти мраморов): докембрия и кембрия (включая нижний ордовик), ордовика и силура, верхнего девона и нижнего карбона (отличающихся наиболее интенсивной закарстованностью).

Из карстовых форм встречаются пещеры. М. Русаковым и С. Черниковым исследованы пещеры Конур-Аулие и Айда-Гарлы в восточной части Казахского мелкосопочника. Образованная в мраморизованных известняках пещера Конур-Аулие на правом берегу р. Шаган, в системе хр. Чингиз-Тау, имеет длину 120 м. Широко распространены закарстованные трещины, подземные полости,

заполненные глинистыми отложениями, но нередко и не имеющие их. Для окремнелых верхнедевонских и нижнекаменноугольных известняков характерна кавернозность (каверны обычно 2—3 см в поперечнике, пористость кавернозных пород достигает 26—27%). Местами довольно многочисленны карстовые источники, иногда с высокими расходами, встречаются исчезающие речки, небольшие карстовые озера. Современные карстовые воронки редки, но местами все же встречаются, так же как и западины неправильной формы, поноры (С. Ж. Жапарханов). Много воронок и депрессий древнего (доверхнемелового, реже верхнеолигоценового) возраста, заполненных глинистыми, нередко бокситоносными, отложениями. Карстовая депрессия на одном из месторождений бокситов достигает глубины 250 м.

В современном рельефе древние карстовые воронки и депрессии выражены мелкими (до 1 м) блюдцеобразными западинами и впадинами с крутыми бортами, до 4—5 м, в отдельных случаях до 10 м глубиной, обычно озерно-болотными, образовавшимися за счет уплотнения заполнителя и частичного вымывания его в древние поноры. Многие из таких впадин целиком по дну заполнены водой и превращены в небольшие озера. Стали озерами и обширные пологие впадины древних карстовых воронок и депрессий — озера Большое и Малое Аксу и др. (Карст Казахстана, 1967: А. Б. Дьячков; Сладкопевцев, 1964). Широкое распространение древнего карста в области Казахского мелкосопочника связано с влажным субтропическим климатом мелового и палеогенового периодов.

На приуроченных к контактам с карбонатными породами сульфидных месторождениях в восточной (с герцинскими структурами) части области встречаются крупные пострудные карстовые полости. Они возникли в зонах окисления сульфидных руд путем выщелачивания пород сернокислыми подземными водами, которые обладают повышенной агрессивностью ("рудный карст").

Народнохозяйственное значение карста равнин и низкогорий Централь-

ного Казахстана определяется приуроченностью к древнему карсту бокситовых месторождений, а также месторождений фосфоритов и огнеупорных глин. К карстовому типу относится большинство бокситовых месторождений Казахского мелкосопочника и Тургайской столовой страны. Образование боксита происходило в условиях субтропического климата мела и палеогена (Карст и его народнохозяйственное значение, 1964: Н. А. Лисицина, М. В. Пастухова). В Центральном Казахстане, бедном поверхностными пресными водами, большое значение для водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий, в частности рудников, имеют подземные карстовые (трещинно-карстовые) воды известняков девон-карбона (С. Ж. Жапарханов). Особенно важны воды в окремнелых известняках верхнего девона и нижнего карбона, скважность и водопроницаемость которых, а также стойкость по отношению к выветриванию и выщелачиванию, по мнению Н. Г. Паукера, обусловлены древними карстовыми процессами. А. Б. Дьячков указывает, что выщелачивание карбонатных компонентов приводило лишь к относительному увеличению содержания кремнезема в окремнелых карбонатных породах, а основное значение имела первичная пористость. Главным в процессе окремнения был, вероятно, влажный субтропический климат, в условиях которого, по наблюдениям Б. Б. Полюнова в аджарских субтропиках, происходит интенсивная водная миграция кремнезема. Карстовые формы в известняках нижнего карбона, вскрытые на крупнейших железорудных месторождениях Тургайской столовой страны, могут быть использованы для дренирования вод при эксплуатации этих месторождений (М. С. Газизов).

СИБИРЬ И ДАЛЬНИЙ ВОСТОК

В Сибири и на Дальнем Востоке карст распространен не всюду. Он отсутствует на Западно-Сибирской равнине и, по-видимому, на основной территории северной части Дальнего Востока. Материал по карсту Сибири и Дальнего



61. Пещеры в кембрийских мраморизованных известняках на левом берегу р. Катуни ниже поселка Известковый (Алтай).
Фото Н. А. Гвоздецкого

Востока был обобщен в статьях Ю. П. Пармузина (1954 и др.), но с тех пор появилось много новых публикаций. Излагая кратко сведения о распространении карста и его особенностях, остановимся подробнее на наиболее интересных и знакомых нам по собственным исследованиям областях. К таковым относятся Алтай и Приангарье.

АЛТАЙ¹

Эта карстовая область принадлежит к карстовой стране гор Южной Сибири. Она исследовалась многими путешественниками, начиная с П. С. Палласа. Но долгое время внимание исследователей привлекали главным образом пещеры (П. П. Хороших и др.), и лишь в 60-х годах, преимущественно вузовскими работниками, в том числе сотрудниками Горно-Алтайского педагогического института, были начаты комплексные исследования

карста Алтая, появились обобщающие работы о карсте северо-западного Алтая (К. П. Черняева) и всего Горного Алтая, дающие общее представление о распространении карста, его районировании и типологии (работы А. С. Крюкова, А. Н. Тупотиловой, Г. А. Максимовича и В. П. Костарева, Н. А. Гвоздецкого и А. М. Маринина).

Карстовые явления встречаются в низкогорных и среднегорных районах Алтая, особенно его северной половины. Карстуются главным образом синийские и кембрийские мраморизованные известняки (ил. 61) и доломиты, силурийские и в меньшей степени девонские известняки. Карстующиеся породы, как правило, не отличаются большой мощностью, чередуются со сланцевыми, эффузивными толщами и т. д. Они интенсивно дислоцированы (ил. 62), часто поставлены почти "на голову". Из-за этого карст обычно не имеет сплошного распространения на значительных площадях, разобщенные карстовые районы в свою очередь состоят из отдельных участков, разделенных

¹ Более полную характеристику карста Алтая см. в статье Н. А. Гвоздецкого и А. М. Маринина (1976), где приведены и основные использованные литературные источники.



62. Гроты в кембрийской рассланцованной карбонатной породе на берегу Телецкого озера. Фото Н. А. Гвоздецкого

пространствами некарстующихся пород. По той же причине многочисленные на Алтае пещеры (Маринин, 1975) не очень велики (наибольшие достигают 500—830 м суммарной длины), а исследованные карстовые шахты сравнительно неглубоки (до 63 м).

Развитию карста способствует интенсивная тектоническая трещиноватость карбонатных толщ и частично рассланцованность мраморизованных известняков. Как влияет тектоническая трещиноватость и раздробленность очень плотных, прочных и полностью водонепроницаемых кембрийских известняков на процесс карстования, наглядно видно в правом борту долины р. Чеченек близ северного берега Телецкого озера. Трещиноватость определяет морфологию пещер, открытых гротов и ниш, развитие известняковых обрывов посредством раскрытия тектонических трещин под воздействием бортовой разгрузки и последующего обрушения отделенных блоков, прямолинейность участков долин, характеризующихся в плане коленчатыми изло-

мами, и направление этих участков.

На севере Горного Алтая карст распространен в бассейнах рек Песчаной, Каменки, по нижнему отрезку горной части Катунь, на хр. Иолго, к востоку от Горно-Алтайска и юго-восточнее — в истоках Сарыкокши и Каракокши. На северо-западе Алтая он развит в бассейнах Ануя и Чарыша (К. П. Черняева). Во внутренних районах Горного Алтая развитие карста наблюдается на Теректинском хребте в истоках Б. Яломана и других местах, на Сумультинском и Айгулакском хребтах, в долине Чуи, у Белого Бома, и выше по долине.

Большинство названных мест, за исключением долин Чарыша и Чуи, находятся в относительно хорошо увлажненных районах, получающих до 800 мм годовых осадков, а местами и больше¹. В засушливых юго-

¹ По данным А. Г. Мусина и А. М. Сабельникова, выполнившим подсчет скорости карстовой денудации (по методу Ж. Корбеля) для бассейна р. Маймы, в северной части Горного Алтая, она составляет 12,6 мм/1000 лет. На основании личных наблюдений в этом районе результат определения нам представляется заниженным. Кроме того, многие среднегорные карстовые районы

восточных районах Горного Алтая карбонатные породы распространены меньше. Таким образом, развитию карста на Алтае в целом благоприятствует приуроченность карбонатных пород к более влажным районам северной половины Горного Алтая. Благоприятно и распределение осадков по сезонам: с июля по сентябрь выпадает около 45% их годовой суммы. Во время продолжительной суровой зимы развитие поверхностных форм карста затухает, но продолжают развиваться подземные. Наиболее интенсивно закарстовывание происходит летом, при максимуме осадков, и в период весеннего таяния снежного покрова. Внутренние районы находятся в области распространения вечной мерзлоты. А. М. Маринин показал связанные с карстом особенности гидрографической сети Алтая: ее разреженность на участках закарстованных пород, отсутствие притоков у главных рек и т. д.

Помимо широко распространенного задернованного и известного во многих районах покрытого карбонатного, в основном известнякового, карста на Алтае встречается голый карст с корродированными поверхностями обнаженных известняков. Чаще всего это скалистые утесы и обрывы в бортах долин, но попадаются оголенные пологие, как бы оглаженные, останцы и гряды (например, к северо-востоку от Усть-Кана, в бассейне верховья Чарыша) и довольно обширные пологие уступы на скалистых кручах, в частности на скалах Белого Бома в долине Чуи. В таких случаях развиваются карры. На скалах Белого Бома нами отмечены три типа карров: желобковые, бороздчатые и лунковые. При этом желобковыми каррами изборождены не только первичные поверхности известняковых скал, но также бортики бороздчатых карров, а иногда и лунковых карровых углублений (Гвоздецкий, 1972). Желобковые карры встречены и возле Талдинских пещер по р. Катунь.

Карстовые воронки распространены преимущественно в приводораз-

дельных частях горных хребтов, обычно плосковерхих, например, на хребте Иолго, в урочище Айрык в истоках Каракокши (бассейн Бии), на Сумультинском и Теректинском хребтах. Местами встречаются карстовые котловины и лога, овраги с понорами и колодцами на дне, известняковые карстовые останцы.

Среди пещер Алтая много сквозных и разветвленных, иногда с несколькими входными отверстиями и окнами. Их морфология определяется трещиноватостью. В ряде пещер встречаются сталактиты и кальцитовые натечки, но в большинстве случаев натечно-капельные образования незначительны. Есть пещеры-ледники: Кульдюкская и др. В некоторых пещерах найдены орудия первобытного человека и остатки костей животных. Карстовые мосты и арки представляют собой остатки сводов обрушившихся пещер.

Этажность расположения пещер и связь их с террасовыми уровнями, наблюдающаяся в долинах Катунь, Чуи, Ануя, Чарыша, Ини, Тулаты и др., указывают на то, что развитие карста происходило на фоне сводового поднятия и расчленения (тектонического и эрозионного) пенепленизированных поверхностей, приведших к формированию современного рельефа Горного Алтая.

В карстовых районах Алтая много мощных источников в известняках: Аржан в Теректинском хребте, дающий начало реке Б. Яломан, источники хребта Иолго и в бассейнах рек Каменки, Ануя, Чарыша. Карстовые источники играют большую роль в питании рек. Некоторые из них представляют собой типичные вклюдзы (например, в верхнем течении р. Тулаты, бас. Чарыша), есть восходящие источники типа *Quelltopf*, как, например, источник в долине р. Шепеты (бассейн Ануя), выбивающий из конусообразной воронки, которая расположена на дне долины в 5 м от русла, Аккаинский источник в бассейне р. Маймы (Гвоздецкий, 1975). В бассейнах Каменки, Чарыша и других рек под землю исчезают ручьи и реки. Левый приток Чарыша, р. Тулата, в верхнем течении дважды уходит под землю и протекает под

Алтай получают большее количество осадков, чем низкогорный бассейн Маймы, и там интенсивность карстовой денудации должна быть еще выше.

землей в общей сложности около 3 км. В том же районе поглощается понорами речка Сухая Каменушка. Уходят под землю ключ горы Небо, ключ Известной (длина подземного русла около 2 км) и приток р. Песчаной — Куваш. На хребтах Чергинском, Семинском и др. встречаются карстовые озера.

Народнохозяйственное значение карста Алтая заключается в широком использовании карстовых вод для водоснабжения, местами в его положительном дренирующем воздействии на территорию, в приуроченности к карстовым формам некоторых полезных ископаемых. Наряду с этим притоки воды в горные выработки служили иногда причинами консервации рудников, а утечка воды в карстующиеся породы причиняла убытки прудовому рыбному хозяйству.

ДРУГИЕ РАЙОНЫ ГОР ЮЖНОЙ СИБИРИ

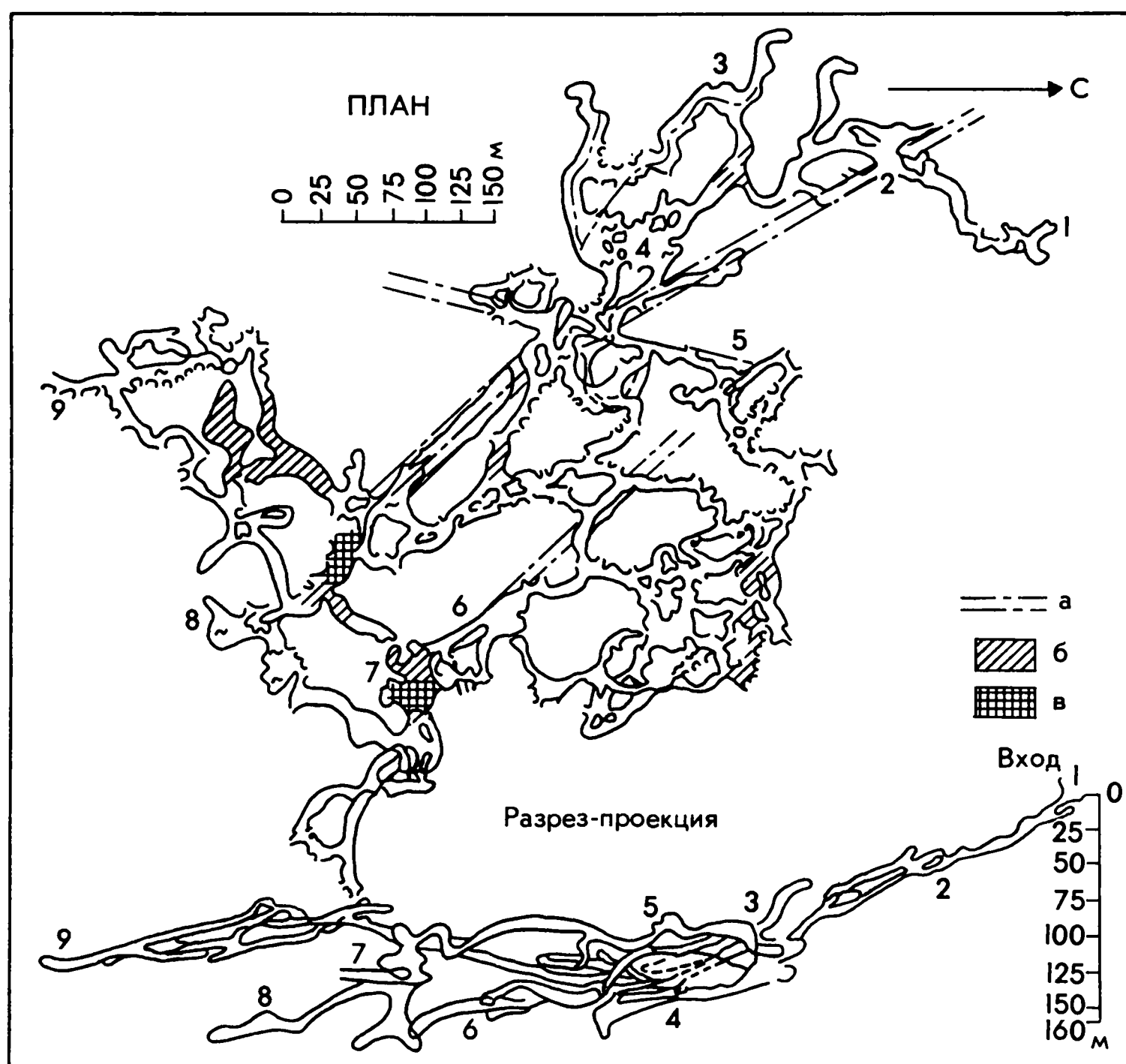
К Салаиро-Кузнецкой карстовой области относится низкогорный Салаирский кряж, в северо-восточной части которого развит карст в кембрийских, силурийских и девонских известняках с воронками, провалами, котловинами, суходолами, исчезающими речками и высокодебитными источниками, нишами, пещерами (Региональное карстоведение, 1961: П. М. Большаков, К. В. Радугин). На Кузнецком Алатау и его отрогах карст развит в районах Верхнетомского и Июсского прогибов, Батеневского кряжа, низкогорного горстового хребта Арга. Карстуются карбонатные породы верхнего протерозоя и кембрия. Распространен задернованный и голый карст с воронками, впадинами, понорами, суходолами, скалистыми останцами, арками, нишами, открытыми гротами, пещерами, карстовыми источниками. Обнаружен древний погребенный карст (Максимович, Костарев, 1964; Региональное карстоведение, 1961: К. В. Радугин; Ж. Л. Цыкина). Среди пещер выделяются Бородинская (более 1 км длиной), в районе Батеневского кряжа (Чикишев, 1973б), и Саксырская карстовая шахта (93 м глубиной). Дебиты карстовых источников

в известняках кембрия достигают 1000 л/сек (Состояние и задачи..., 1975: А. В. Зуев). Е. М. Щербаковой (Региональное карстоведение, 1961) отмечена роль карстовых, по существу карстово-суффозионных, процессов в образовании озерных котловин Минусинской впадины. На площади распространения девонских известняков (бейской свиты) в Минусинской впадине встречаются и собственно карстовые формы — воронки, поноры, ниши (Ж. Л. Цыкина).

К Салаиро-Кузнецкой области тяготеют и горы Западного Саяна, где карбонатные породы (известняки и мраморы) залегают линзами и пачками среди некарстующихся толщ верхнего протерозоя, кембрия и силура, но где в долинах все же имеются небольшие карстовые родники; вдоль линий простирания карстующихся пород располагаются цепи воронок, встречаются поноры, исчезающие реки, открытые гроты по р. Оне, в долине р. Рудной — древний погребенный карст.

В Восточно-Саянской карстовой области путешественниками (среди них Д. Г. Мессершмидт, И. Г. Гмелин, П. С. Паллас) давно посещались отдельные пещеры, но лишь в последние полтора-два десятка лет она подверглась широкому изучению, в особенности спелеологическому (В. И. Беляк, Ж. Л. Цыкина, Р. А. Цыкини др.). Получены расчетные данные о скорости карстовой денудации. Для карбонатного карста Солгонского кряжа в северо-западной, приенисейской, части области она составляет 36 мм/1000 лет (Int. Spel.— 73, III: В. И. Беляк), для Тункинских Гольцов — 32,3 мм/1000 лет в карбонатных породах, 40,1 мм/1000 лет в карбонатных и сульфатных породах (Pulina, 1968).

Карстуются в Восточном Саяне карбонатные породы, преимущественно известняки, а также мраморы и доломиты среднего и верхнего протерозоя и кембрия. Из карстовых явлений распространены воронки, котловины, суходоламы, исчезающие реки, подземные реки, карстовые родники, карры, останцы, арки, навесы, ниши, открытые гроты. Многочисленны пещеры,



63. Пещера Большая Орешная. План и разрез-проекция на вертикальную плоскость. По Ж. Л. Цыкиной и Р. А. Цыкину (1971)

1 — вход, 2 — Кашеево царство, 3 — грот Ручейный, 4 — грот Грандиозный, 5 — Колокольный грот, 6 — грот Озерный, 7 — грот Сказка, 8 — Колонные залы, 9 — Каменный зал; а — разломы и зоны разломов, б — зоны мощных обвалов, в — центры карбонатного спелеолитоге-неза

карстовые колодцы и шахты. Карст преимущественно задернованный, реже голый и покрытый. Встречается древний погребенный карст (В. И. Беляк, Ж. Л. Цыкина). В привершинном поясе гор карст развивается в условиях вечной мерзлоты. Ряд пещер и шахт имеют ледяные образования (Алексеев, Беляк, 1970). Многие пещеры и полости карстовых шахт обильно украшены разнообразными натечно-капельными формами, в некоторых встречается пещерный жемчуг (Беляк, 1969). Среди карстовых пропастей выделяются своей глубиной Кубинская (274 м)¹, затем Торгашинская (174 м). Из пещер самые крупные находятся в Манском прогибе, выработаны они в кремнисто-карбонатных конгломератах ордовика. Лабиринт Большой Орешной пещеры имеет длину более 11 км, при глубине 190 м, Баджейская пещера — 6 км длиной, глубина — 170 м (Цыкина, Цыкин, 1971; они же — Состояние и задачи..., 1975). Отличающаяся красотой натечно-капельных образований известняковая Лысан-

ская пещера, обводненная, с рядом сифонов, исследована более чем на 2000 м (Цыкин, Бобрин, 1976).

Для Прибайкалья и Забайкалья также имеются данные расчетов скорости карстовой денудации: для западной части хребта Хамар-Дабан в карбонатных и сульфатных породах она составляет 43,8 мм/1000 лет (Pulina, 1968). Для более сухих районов Забайкалья В. И. Беляк (Int. Spel. — 73, III) дает величину 19 мм/1000 лет. В Прибайкалье условия для карстовой денудации очень разнообразны. На хр. Хамар-Дабан закарстованы мраморы верхнего архея, карбонатные породы протерозоя и нижнего кембрия (мраморизованные известняки и доломиты). Карстовые явления представлены преимущественно подземными полостями и каналами, высокодебитными источниками (Состояние и задачи..., 1975; В. А. Войлошников; Н. А. Петрова). Много карстовых пещер обнаружено на северо-западном берегу и островах Байкала, из них самая крупная — у поселка Харикта, пещера Института географии суммарной длиной около 1 км. Многие пещеры Прибайкалья интересны в археологическом отношении (Хороших,

¹ Нижний каскад Кубинской пещеры теперь затоплен (до глубины 200 м): здесь создано водохранилище Красноярской ГЭС.

1955). Г.П. Вологодским (1968) отмечено на Байкале (в районе о. Ольхон) и в Прибайкалье (на междуречье Лены и Правой Тонгоды) остепнение таежного ландшафта в связи с распространением карста. В Забайкалье также встречается карст, имеются, в частности, не очень большие пещеры в бассейне р. Шилки и в северных отрогах Аргунского хребта (Чикишев, 1973б); в районе Усть-Борзинского месторождения известняков (бас. Онона), на Витимском плоскогорье и др. выявлены карры, суходолы, воронки, поноры, колодцы, пещеры и исчезающие водотоки, а также карстовые каналы, каверны (Региональное карстоведение, 1961: П.М. Большаков; Типы карста..., 1965: И.М. Осокин).

Практическое значение карста охарактеризованных в данном разделе гор Южной Сибири определяется прежде всего его ролью в водоснабжении рудников, рабочих поселков и других населенных пунктов. Вместе с тем в закарстованных водоносных известняках затруднена добыча полезных ископаемых; карст осложняет промышленное, дорожное и гидротехническое строительство (Региональное карстоведение, 1961: П.М. Большаков; В.И. Беляк, А.Б. Попов). В формах древнего погребенного карста залегают полезные ископаемые — бокситы, железомарганцевые руды, фосфориты, огнеупорные глины, природные пигменты, мраморный оникс и пр. (Максимович, Костарев, 1971б; Региональное карстоведение, 1961: К.В. Радугин; Занин, Ощепков, 1967; Цыкин, Цыкина, 1978; К.М. Мирзаев).

ПРИАНГАРЬЕ

Карст этой территории изучался преимущественно в связи с запросами гидроэнергетического строительства — в районе створа предполагавшейся Бархатовской ГЭС (восточнее Черемхова). Он описан в работах Н.И. Соколова, Н.А. Гвоздецкого, Ю.П. Пармузина, Г.П. Вологодского.

В Приангарье карст развит в кембрийских породах: доломитах и известняках ангарской свиты и гипсоносных породах верхоленской сви-

ты. Скорость карстовой денудации в равнинно-платформенных условиях Приангарья составляет от 4,6 (долина Осы) до 5,8 мм/1000 лет (долина Бол. Белой) в карбонатных породах и от 6,5 (долина Бол. Белой) до 15,9 мм/1000 лет (долина Осы) в карбонатных и сульфатных породах (Pulina, 1968).

Распространен *покрытый* доломитовый, известняковый и гипсовый карст, на террасах Ангары выраженный в классической форме. Кроме того, обнаружен древний погребенный карст. Для этой области типичны воронки, главным образом просасывания и провальные (особенно в гипсовом карсте), сложные ванны из соединившихся воронок, встречаются котловины, суходолы (безводные пади). Из пещер наиболее замечательны Худугунская, представляющая собой решетку трещинных ходов в известняках (Гвоздецкий, 1972; Чикишев, 1973б), и Балаганская, в основном гипсовая, с замечательными ледяными образованиями, особенно в верхнем этаже. Сейчас она полузатоплена в связи с подпором Ангары и дренируемых ею подземных вод плотиной Братской ГЭС. В значительной мере затоплены и районы гипсового карста по долине р. Осы (Гвоздецкий, 1954а). Направления отрезков долин и падей в доломитовой толще соответствуют простираниям систем трещиноватости. По краям коренных берегов долины Ангары прослеживаются рвы, представляющие собой тектонические трещины в доломитовой толще, раскрытые бортовой разгрузкой (названо Н.И. Соколовым (1957) явлением отседания склонов).

О практическом значении карста частично уже говорилось в начале раздела, где упоминался Бархатовский створ. В районе этого створа в связи с закарстованностью пород был осуществлен "уход" от карста, и значительно ниже по Ангаре создана Братская ГЭС. Исследования карста проводились при выборе строительных площадок для разных промышленных объектов, и, если обнаруживались карстовые полости, в ходе строительства проекты пересматривались. В Иркутском угольном бассейне

карст и осложняет и облегчает горные работы. Осложняют добычу угля нарушения в залегании угленосных слоев, возникшие из-за карстовых процессов в подстилающих их нижнекембрийских доломитах и известняках. Облегчает разработку месторождения дренаж тем же карстом отложений, содержащих угли. Водопоглотительная способность закарстованной карбонатной толщи используется для сброса шахтных вод (Г.П. Вологодский). В осинском горизонте нижнего кембрия имеется закарстованная зона, к которой приурочены карбонатные коллекторы нефти (Карстовые коллекторы..., 1973: И.И. Комарова).

ДРУГИЕ РАЙОНЫ СРЕДНЕЙ И ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Описанный карст Приангарья находится в области островного, "сугубо локального" (А.И. Попов) распространения вечномерзлых толщ. Остальная же территория Средней и Восточной Сибири (кроме верхнего Приленья и уже рассмотренных гор Южной Сибири) относится к области сплошной мерзлоты. Здесь самой важной проблемой становится выяснение особенностей развития карста в условиях вечной мерзлоты. Этим вопросом в 50-х годах занимались С.П. Качурин (1962)¹ и Ю.П. Пармузин (1954, 1962). Первый из них указал на развитие карста в области вечной мерзлоты "при некоторой отрицательной температуре... горных пород вблизи нулевого ее значения" и на совместное зачастую проявление карстового и термокарстового процессов. Ю.П. Пармузин пришел к выводу о том, что карст в условиях вечной мерзлоты развивается круглогодично только под мерзлым слоем или же на изолированных участках, пронизывающих мерзлый слой в местах выходов карстовых источников. По его мнению, карстовые формы в большей степени развиваются на глубине и значительно реже — на поверхности. Однако Н.С. Благоволин, наблюдая в юго-западной Якутии районы с остров-

ным распространением мерзлоты, заметил, что в сезоннооттаивающем слое образуется своеобразный "склоновый карст", развивающийся путем поверхностного выщелачивания (Типы карста..., 1965). Следовательно, карстовые процессы могут протекать не только под мерзлым слоем, но и над ним, хотя и не круглогодично.

Теперь "накоплено много фактов, свидетельствующих о широком проявлении карстовых процессов непосредственно во всей толще самих мерзлых карстующихся пород" (С.С. Коржуев — *Int. Spel.* — 73, II, с. 217). Мерзлота замедляет карстообразование, но не исключает его. Вместе с тем она придает ему определенную специфику, что подчеркивается введением термина "мерзлотный карст" (С.С. Коржуев) и выделением карста области вечной мерзлоты в особый морфолого-генетический и географический тип (Гвоздецкий, 1954; Пармузин, 1954, 1962). Развитию карста способствуют конденсация мерзлотой влаги и концентрация стока, повышение растворимости свободной углекислоты и карбонатной емкости воды при низких температурах (хотя снижается скорость растворения и т.д.), сильная трещиноватость карбонатных карстующихся пород, их засоленность и загипсованность. Наибольшей закарстованностью отличаются районы самой интенсивной трещиноватости, которые служат областями питания и разгрузки подземных вод. Специфика развития карста в зоне сплошной мерзлоты объясняется тем, что в мерзлой толще карстующихся пород присутствуют надмерзлотные воды, а также минерализованные и засоленные межмерзлотные и подмерзлотные агрессивные воды. Карст в условиях вечной мерзлоты резко дифференцируется на поверхностный и подземный. Современный поверхностный карст развивается под действием надмерзлотных вод песчаных террасовых отложений и вод деятельного слоя. С.С. Коржуев (Советские исследования..., 1967) называет его надмерзлотным. Кроме того, выделяется межмерзлотный и подмерзлотный подземный карст.

¹ В сборнике издания 1962 г. помещены доклады совещания 1956 г.

На территории Сибири, и в частности Сибирской платформы, широко распространен древний погребенный карст, развивавшийся в несколько циклов, начиная от дорифейского и кончая доплиоценовым, в совершенно иных (по сравнению с современными) условиях, преимущественно теплого климата с чередованием влажных и засушливых периодов.

По мнению С. С. Коржуева, современное растворение и выщелачивание карбонатных пород в области вечной мерзлоты происходят довольно интенсивно и почти повсеместно. Подчеркнем вместе с тем, что, как и в пустынных условиях (тоже экстремальных), здесь резко выделяются интенсивностью закарстованности районы соляного и гипсового карста. Примером может служить соляной карст *Кемпендяйских куполов* в бассейне Вилюя (Типы карста..., 1965: С. С. Коржуев). Он образовался в девонских и кембрийских отложениях (Горбунова, 1977). В результате оседания грунта в процессе растворения и выноса каменной соли и гипса из штоков в красноцветных породах в сводах размытых куполовидных складок образовались многочисленные озера. Насчитывается несколько сот озер до 3 км длиной и 100 м глубиной, обычно с крутыми берегами и со следами свежих провалов. Об интенсивном развитии современного соляного карста свидетельствуют действующие круглый год высокодебитные соляные источники. Выходя на речную аллювиальную террасу, они образуют соляные озера. В тайге среди красноцветных гипсоносных глин поднимаются соляные скалы до 40 м высотой и более 20 м шириной (Дзенс-Литовский, 1966).

Соляной и гипсовый карст известен на *Нордвикском* соляном куполе, где первичный кепрок (каменная крышка над соляным ядром купола) подвергся карстовым деформациям (Короткевич, 1970), в районе *Норильска*, где гипсовый карст развит в красноцветных девонских и верхнесилурийских отложениях и где у подножия плато Путорана наблюдается также карст в известняках и доломитах карбона, а на Норильском плато — в силурийских извест-

няках. В полосе гипсов, тянущейся от оз. Кета (Хета) к оз. Лама, до 30% породы уничтожено карстовым процессом, а воронки здесь достигают 200 м в диаметре и 60 м глубины. В слагающих горы Путорана лавовой и туфогенной толщах есть линзы карстующихся гипсов и ангидритов. Даже на таком далеком Севере, как Норильский район, расположенный за полярным кругом, карст, активизируя циркуляцию подземных вод, вызывает местную деградацию вечной мерзлоты и развитие термокарста. Деградация мерзлоты улучшает природные условия: "тундра и редколесье сменяются настоящим лесом и хорошо развитым разнотравьем" (Н. И. Соколов: Региональное карстование, 1961, с. 204). "В полосе развития карста в девонских красноцветках нет и следа вечной мерзлоты. Это полоса настоящей смешанной тайги. Лиственницы высотой до 20 м, толщиной до 50 см, между которыми ели, березы, изредка осины" (там же, с. 205).

Гипсовый карст в отложениях девона и карбона есть на хр. Умным (Сыверма) и в других северных районах. Гипсовый и соляной карст развит на соляных куполах в бассейнах Хатанги, в Вилюйско-Котуйском районе, в северной части Туруханской антиклинали, на Енисейском кряже; карстуются гипсоносные и соленосные отложения от кембрия до девона (Горбунова, 1977). Верхоленская гипсоносная свита кембрия, закарстованная в Приангарье, продолжается вдоль Лены, и там также в условиях островной мерзлоты интенсивно развит гипсовый карст (Типы карста..., 1965: С. С. Коржуев). Для гипсового карста всюду особенно характерны провальные воронки. В Среднем Приленье, в устье Меличана, есть озера, связанные с соляным карстом.

Карбонатный карст распространен еще шире, чем гипсовый и соляной, хотя современные процессы закарстовывания в карбонатных породах идут менее интенсивно, особенно в северной и средней полосах области вечной мерзлоты. На севере Сибирской платформы карст концентрируется по антиклинальным и моноклинальным структурам вокруг

Тунгусской синеклизы, Лено-Вилюйской впадины и Северо-Сибирского прогиба. Карбонатный карст в известняково-доломитовых породах протерозоя и нижнего палеозоя распространен на междуречьях Вилюя, Нижней Тунгуски и Оленёка, в районе Туруханской антиклинали, в северных районах бассейна Подкаменной Тунгуски и на Енисейском кряже. В кембросилурийских доломитах *Туруханской антиклинали* наблюдается резкое сокращение водоносности рек и исчезновение водотоков (бассейны рек Летней и Сухой Тунгуски). В сухих руслах много воронок, в доломитовых обрывах на склонах долин есть ниши, небольшие открытые гроты. В карбонатных породах *Енисейского кряжа* карстовые явления также представлены исчезающими реками и воронками в безводных руслах, а также на склонах долин и в междуречьях. Диаметр воронок до 70 м, глубина до 30 м и более. На контактах карстующихся пород и траппов выходят мощные источники. Карст интенсивно развивается вдоль тектонических трещин, раскрытых под действием бортовой разгрузки (Региональное карстование, 1961: Ю.П.Пармузин). На месторождениях магнезита на Енисейском кряже закарстованы рудоносные площади с выходами на поверхность кристаллических магнезитов и вмещающих их доломитов. В тех и других наблюдаются и современные, и древние карстовые формы (Цыкин, 1975).

Наиболее интенсивно идет развитие карбонатного карста в южной полосе Сибирской платформы, в которую входит описанное в предыдущем разделе Приангарье. Карст известен здесь на огромном пространстве бассейнов Лены, Алдана, Амги, Олёкмы, Витима, Енисея, Ангары, Подкаменной Тунгуски. Карстуются в основном кембрийские, а также ордовикские и силурийские известняково-доломитовые породы. На карте-схеме основных типов карста Якутии С.С.Коржуев (Типы карста..., 1965) показал обширную область интенсивного развития карбонатного карста, охватывающую Среднее Приленье и значительную часть бассейна Алдана.

В *Среднем Приленье* поверхностные карстовые формы представлены воронками покрытого и голого карста, воронками сопровождаются и рвы, образовавшиеся под действием бортовой разгрузки. Распространены карстовые озера, исчезающие водотоки, карстовые источники, навесы, ниши, пещеры. Своеобразен откопанный эрозией древний карст, к которому относятся известные Ленские столбы и др. На *Патомском нагорье* воронки в кристаллических известняках протерозоя образовались до формирования мерзлоты и теперь превратились в озера. Есть крупные погребенные воронки домерзлотного карста. На Алдано-Тимптонском междуречье и в соседних районах *южной Якутии*, где карст развит в карбонатных породах кембрия, обнаружены формы современного карста — блюдца, западины, воронки, ваннообразные углубления с понорами и длинные желоба, "сотовые западины", которые, очевидно, следует рассматривать как своеобразную форму карров, подрусловые провалы и полости, заполненные аллювием, естественные шахты (Региональное карстование, 1961: С.С.Коржуев, И.Ю.Долгушин; Пармузин, 1954; Типы карста..., 1965: Н.С.Благоволин).

По *юго-восточной окраине Сибирской платформы* в бассейне Алдана от Кыллахского хребта к р.Мае протягивается меридиональная 800-километровая полоса с карбонатными породами протерозойского, вендского и кембрийского возраста. В них выработаны карстовые ложбины, ниши на склонах долин, встречаются редкие провальные воронки. Скважинами вскрываются карстовые полости. Возраст карста в основном дочетвертичный, но в замедленном темпе карст развивается и в настоящее время. На Мар-Кюельском карстовом плато, расположенном южнее, в *восточной части Алданского щита*, к югу от хребта Кет-Кап, в известняках и доломитах того же возраста развит карст на двух гипсометрических этажах. На верхнем, приуроченном к современной платообразной поверхности, имеются озерные котловины, поля, водопоглощающие воронки (в одной из них полностью

исчезает р. Ардьяах). На нижнем этаже, представленном современным гидрографическим врезом, развиты подземные формы — пещеры, каналы, а также крупные карстовые источники (Сэлиндинский источник имеет дебит от 3500 до 23 000 л/сек), "водовыводящие воронки", очевидно, источники типа Quelltopf (Состояние и задачи..., 1975: Г.И. Климов; он же и Ю. Л. Гладкий).

На Сибирской платформе и Алданском щите нет условий для образования очень глубоких карстовых полостей. Все же Коршунихская карстовая шахта в бассейне Илима имеет глубину 133 м (Чикишев, 1973б). На юго-востоке описываемой территории известна ледяная пещера Абогыдже, или Абасыджетэ ("чертов дом"), на левом берегу р. Май, выработанная в кембрийских известняках и описанная Я. В. Стефановичем (1886), В. Н. Махеевым (1939), а затем П. П. Хороших (1970). Ее окрестности представляют собой обширный карстовый район с небольшими ледяными пещерами, провальными воронками и незамерзающими карстовыми источниками. Другие пещеры в бассейне Лены тоже имеют ледяные образования, некоторые из них интересны в археологическом отношении (Хороших, 1970). Дюктайская пещера на берегу р. Дюктай (правый приток Алдана) — недавно обнаруженный палеолитический памятник Восточной Сибири (Молчанов, 1970).

В карбонатных породах нижнего палеозоя образовался карст в горах *восточной Якутии*, в ряде районов, относящихся к бассейнам Индигирки и Колымы (Типы карста..., 1965: С. С. Коржуев).

С карстом рассмотренной территории связаны месторождения полезных ископаемых: бокситов, например Енисейского кряжа с прилегающей юго-западной частью Сибирской платформы (Карст и его народнохозяйственное значение, 1964: Е. Т. Бобров), огнеупорных глин (см. Гвоздецкий, 1972; Максимович, Костарев, 1971б), рассолов и минерализованных вод. Исследования карста необходимы при гидроэнергетическом, промышленном и дорожном строительстве.

ДАЛЬНИЙ ВОСТОК

На Дальнем Востоке карст развивается в условиях островной вечной мерзлоты, причем мощность мерзлоты, распространенной в горах небольшими пятнами, незначительна, а температура близка к 0°. Климатические условия южной половины Дальнего Востока, — а только в ней практически распространены карстующиеся карбонатные породы — в общем благоприятны для развития карста. Однако толщи известняков, отчасти доломитов, мраморов и известковых конгломератов, не отличаются большой мощностью и широким площадным распространением. Не благоприятствует развитию карста и горный рельеф.

Хотя сведения о карстовых явлениях Дальнего Востока были приведены в первой обобщающей монографии о карсте Советского Союза (Зайцев, 1940), а данные о некоторых пещерах, например о Макрушинской сталактитовой пещере в Приморье, у залива Владимира, и других юго-восточного склона Сихотэ-Алиня опубликованы в начале нынешнего столетия (С. Н. Браиловский, Ф. М. Дербек, В. К. Арсеньев и др.), изучение карста Дальнего Востока стало активным лишь в последние десятилетия.

В Приамурье карстуются карбонатные породы верхнего протерозоя и нижнего кембрия, которые распространены на хребтах Джагды и Турана, на Малом Хингане. На небольшой площади закарстованных нижнекембрийских известняков в *бассейне Зеи* отмечены блюдцеобразные углубления, воронки и источники, в верху коренного берега Зеи — ниши выщелачивания, разработанные по вертикальным и крутонаклонным трещинам. На *Малом Хингане* в известняках нижнего кембрия и отчасти доломитах верхнего протерозоя отмечены воронки, глубокие провалы, пещеры, в том числе с натежно-капельными образованиями, водообильные источники. Воронки, ниши выщелачивания, пещеры известны и в других районах Приамурья. На Малом Хингане и в системе *Буреинского хребта* описано более 30 пещер, в том числе

Ледяная (120 м длиной) и шахта Дитурская (глубиной 75 м) (Состояние и задачи..., 1975: В. А. Кирюхин; Региональное карстоведение, 1958: В. В. Никольская, 1961: Н. М. Богатков). В. А. Шматковым обнаружен карст в девонских известняках на *Шантарских островах* — в северной части о. Бол. Шантар и на о. Феклистов.

В области Приморья карстуются преимущественно палеозойские, отчасти протерозойские и триасовые известняки, реже — мраморы и известковые конгломераты. В *Приханкайском* округе закарстованы породы от раннего протерозоя до ордовика-силура, распространен преимущественно задернованный карст с воронками, понорами, на обнаженных поверхностях — каррами. Известны также пещеры, в их числе Спасская (1700 м длиной), Приисковая (длиной 170 м и глубиной 72 м, с подземным ледником), Синегорская (длиной 90 м и глубиной 45 м) (Демин и др., 1976; Состояние и задачи..., 1975: Ю. И. Берсенев). К этому округу относятся пещеры, изученные И. К. Зайцевым (1940) (по его данным, их морфология определяется плоскостями наслоения и тектонической трещиноватостью известняков), и отмеченные В. В. Никольской (Спелеология и карстоведение, 1959) небольшие пещеры, ниши и расширенные выщелачиванием трещины в кембрийских известняках сопки Погробова.

В *Южно-Приморском* карстовом округе закарстованы рифовые известняки позднепермского возраста, распространен голый и задернованный карст с каррами, воронками, понорами, карстовыми останцами. Имеются пещеры, открытые гроты, арки. Пещера Приморский Великан имеет длину 500 м и глубину 93 м, пещера Соляник (длиной 175 м и глубиной 122 м) — самая глубокая из известных пещер Приморского края. В небольших пещерах Географического общества и Пржевальского сделаны замечательные палеонтологические находки. Эти пещеры охраняются, электрифицированы, используются для экскурсий. Приморским филиалом Географического общества СССР здесь организован археолого-палеонтологический музей.

В *Восточно-Приморском* карстовом округе закарстованы карбоново-пермские и верхнетриасовые породы, в значительной части тоже рифовые известняки, распространен задернованный и голый карст с каррами, воронками, гротами, пещерами, в том числе уже упоминавшаяся Макрушинская пещера, выделяющаяся большим объемом (около 30 000 куб. м). Недалеко от залива Ольги расположена шахта Белая, глубиной 100 м (Состояние и задачи..., 1975: Ю. И. Берсенев; Чикишев, 1973б).

Можно отметить еще район южнее г. Вяземского, в западных отрогах Сихотэ-Алиня (в нижней части бассейна Уссури), где описано около десятка небольших пещер, и район отрогов Черных гор, на юге Приморского края, с небольшими карстовыми пещерами.

В Приморье имеются карстовые бокситовые месторождения кембрийского возраста (Карст и его народнохозяйственное значение, 1964: Г. И. Бушинский). Карстовые воды в Приморье и в Приамурье, особенно на Малом Хингане, используются для водоснабжения. В южной части Малого Хингана на карстовом источнике Мельничный несколько десятилетий работала крупная мельница (Региональное карстоведение, 1961: Н. М. Богатков).

Глава IV. КАРСТ ЗАРУБЕЖНОЙ ЕВРОПЫ¹

СЕВЕРО-ЗАПАД ЕВРОПЫ

На Северо-Западе Европы карстовые области охватывают пространство от Шпицбергена, о. Медвежий и севера Скандинавии до Британских островов и Бельгии (Corbel, 1957в).

В разных районах Шпицбергена распространены метаморфизированные известняки формации гекла-гок (кембрий-ордовик) и кремнистые известняки каменноугольного возраста. Карстовые процессы сочетаются здесь с оледенением и вечной мерзлотой. В статье "Шпицберген", в разделе об известняковых перигляциальных ландшафтах, Ж. Корбель (Corbel, 1970) дал представление о трех различных типах стока: 1) образование под мерзлотой жидких потоков — "подмерзлотных рек" вследствие пересечения 400-метрового слоя вечной мерзлоты водой, превратившейся в лед, который медленно спускается под действием силы тяжести; 2) подповерхностный сток в зоне оттаивающего летом грунта; 3) поверхностный сток, возникающий во время таяния снега и льда; наиболее значительный — концентрированный ледниковый сток, образующий эффектные каньоны, которые при изменении течения потоков в связи с колебаниями фронта ледника превращаются в сухие, мертвые, долины.

Почти голые известняковые скалы испытывают на Шпицбергене хороший дренаж, а там, где известняки прикрыты морскими, моренными или солифлюкционными наносами, дренаж ухудшается. На известняковых поверхностях встречаются карры, но они редки, поскольку скорость морозного выветривания выше скорости растворения. На побережье наблюдаются скалистые навесы и береговые гроты, которые иногда перекрываются небольшими языками ледников. Из-за отсутствия свойст-

венного обычному карсту подземного стока карстовые воронки здесь не образуются. Они появляются южнее, например в Лапландии, при спорадическом исчезновении мерзлоты. Скорость карстовой денудации на западном Шпицбергене — 11 мм/1000 лет (Hellden, 1974). В южном Шпицбергене она составляет от 3 до 20 мм/1000 лет, возрастая до 100—500 мм/1000 лет при действии термальных минеральных вод (Pulina, 1977).

На о. Медвежий карстуются преимущественно каменноугольные и ордовикские известняки, а также доломиты формации гекла-гок (на юге острова). Иногда карст в виде слегка выраженных карровых полей на обнаженных от почвы карбонатных породах сочетается с ледниковой обработкой поверхности (курчавые скалы).

В каледонидах Скандинавских гор на севере Норвегии, в Лапландии, карстующиеся известняки приурочены к формациям кембросилура. Здесь встречаются трещинные карры и разрушенные морозным выветриванием карровые поля, воронки, каньоны, разработанные по трещинам, и трещинные колодцы со снегом, гроты, пещеры, развившиеся тоже по трещинам и имеющие подчас характерную решетчатую (в плане) форму (пещера Опсала в Сёр-фьорде, недалеко за полярным кругом). Нередки здесь сухие долины с колодеобразными понорами, исчезающие и подземные водотоки (Corbel, 1957в).

Эффектное исчезновение и появление водного потока нам удалось наблюдать по пути из Нарвика в Тромсё в кембросилурийских известняках долины р. Спанс. Протекая по долине с березовым лесом, горная река внезапно почти вся уходит в широкую пасть пещеры, выработанную по наслоению известняковых пластов (ил. 64). Ниже по долине колодец-пonor полностью поглощает остаток поверхностного потока, и далее на некотором расстоянии прослеживается сухое русло. Левее его из-под плоского свода пещеры

¹ При характеристике карста Великобритании, Франции, ФРГ и ГДР, Чехословакии, Польши, Австрии, Венгрии, Румынии, Италии и Югославии использован материал сводки "Karst. Important Karst Regions...", 1972.

64. Исчезновение в пастях пещеры реки Спанс (Северная Норвегия).



Фото З. М. Акрамова

65. Выход реки Спанс из пещеры.



Фото Н. А. Гвоздецкого

вырывается мощный поток (ил. 65), промывший короткий пещерный тоннель по межпластовым трещинам. По плоскостям наслоения обрушились известняковые плиты (Гвоздецкий, 1970).

Большой интенсивностью закарстованности выделяется район на юге Свартисена, между ледяной шапкой Свартисена и Рана-фьордом (у полярного круга). Здесь известны карры, бороздчатые, межкарровые гребни которых рассечены морозным выветриванием, лунковые и др., исчезающие водотоки, подземные реки, трещинные колодцы (часто со снегом) и карстовые шахты, трубообразные каналы, а также большие пещеры сложной конфигурации. По мнению Ж. Корбеля, это наиболее важный

район пещер не только Скандинавии, но и всего севера Европы.

В южной Норвегии наблюдаются формы выщелачивания ("малый карст") в известняках и доломитах кембро-силура районов Гудбрандсдален и Осло (Corbel, 1957в).

В докладе "Карст и климат в Скандинавии" на XIX Международном географическом конгрессе в Стокгольме (1960 г.) Ж. Корбель подчеркивал особенную интенсивность карстовых процессов во влажных и снежных приатлантических областях Скандинавии. Поскольку химическая денудация идет здесь быстрее механического разрушения некарстующихся горных пород, то известняки находятся в понижениях поверхности, в более же сухих областях Швеции массивы

известняков выступают в рельефе. Для отдельных пунктов, характеризующих обе эти группы областей, Ж. Корбель дал величины карстовой денудации 250 (и даже 400 в 1959 г.) и 40 мм/1000 лет. У. Хелден, используя для подсчета скорости карстовой денудации формулу Ж. Корбеля в модификации П. Уильямса (см. Чикишев, 1973а), получил для северной Швеции несколько меньшую величину — 28 мм/1000 лет.

В относящемся к Скандинавским горам карстовом районе Артфьеллет на севере Швеции (к югу от полярного круга) в известняках предположительно ордовикского возраста У. Хелден отметил карры, карстовые воронки, трещинные колодцы, исчезающие под землю периодические и постоянные потоки, карстовые источники, в том числе периодические. Пещера Сотсбекс представляет собой галерею подземного русла исчезнувшего и вновь появляющегося на поверхность водотока. На план нанесено 1650 м этой галереи, между тем как расстояние по прямой от водопоглощающего понора до выводящего водоток источника по горизонтали 2200 м, а по вертикали 250 м (Helldén, 1973, 1974). Ж. Корбель (Corbel, 1952a) описал карст пограничного района Швеции и Норвегии (немного южнее параллели 65°) с воронками, понорами, исчезающими и подземными водотоками, сухими долинами, источниками, пещерами. В субарктической области Швеции выделяют высокогорный гляциально-нивальный карст (по классификации М.М. Свитинг, см. гл. I), как полный — холокарст, так и несовершенный — мерокарст (Proc. 7ISC — 77: L. Engh).

Эти и другие районы Скандинавских гор, относящиеся к Шведской Лапландии и простирающиеся на север до района оз. Турнетреск, Л. Телл показал на картосхеме как районы "собственно карста" (Tell, 1973; он же — Int. Spel. — 73, II). Основываясь на материалах терминологической комиссии Международного спелеологического союза, он выделил еще "паракарст", со слабо развитыми, мало характерными карстовыми формами в плохо карстующихся горных поро-

дах. Этот тип карста довольно широко распространен в разных районах Швеции (особенно на юге), относящихся уже, как и южные районы Норвегии, к Балтийскому щиту. Местами, однако, и в этих районах распространен собственно карст (преимущественно в известняках осадочно-метаморфических толщ среди пород архея). Крайние южные районы Швеции (п-ов Сконе) отличаются развитием *мелового карста* в мезозойских отложениях.

На юге Швеции карст развит в ордовикских и силурийских известняках, покрывающих южный склон Балтийского щита, в частности на островах Эланд и Готланд (Corbel, 1952a, 1957в; Tell, 1973, 1974, 1976; Гвоздецкий, 1961, 1970). На *Эланде* известны мало выразительные и мелкие карры, местами — лунковые ("чашечкообразные") и трещинные карры, воронки поверхностного выщелачивания, источники в береговом обрыве (клифе) и лишь одна пещерная система. Гораздо более яркие и разнообразны карстовые формы *Готланда*, где имеются карры, карстовые останцы, воронки и небольшие пропасти (Стенкумла, на западе острова), водопоглощающие поноры, сухие долины, подземные реки, пещеры, ниши. По подсчетам Ж. Корбеля, за 10 тыс. лет существования островной суши при величине скорости карстовой денудации 40 мм/1000 лет средняя толщина денудированного слоя составила 40 см. Автору этих строк удалось побывать (1960 г.) в карстовом районе Торсбурген, в восточной части острова, и в пещере Луммелунда, на северо-западном берегу.

В живописной лесистой местности Торсбурген развит своеобразный голый (но облесенный) карст с замшелыми коррозионными останцами и каррами на откосе вершинной поверхности приподнятого известнякового плато. Причем оголенность известняка связана исключительно с ледниковой эрозией и никак не обусловлена климатом: при таком же климате в области ледниковой аккумуляции развился бы иной тип карстового ландшафта. Плато обрывается выдержанной по простирацию высокой известняковой стеной (вероятно, это



66. Пещерная полость, развитая по трещине в известняковом обрыве на о. Готланд (район Торсбурген).
Фото Н. А. Гвоздецкого

береговой обрыв Анциллового озера), в которой многочисленны разработанные по трещинам пещерные ходы (иногда сквозные), трещинные полости (ил. 66) и ниши. Местность безводна, повсюду глубокое (более 60 м) залегание грунтовых вод.

Пещера Луммелунда имеет оригинальный вход в виде небольшого открытого грота с вытекающей из него подземной рекой, описанной еще в 1741 г. К. Линнеем. Но со стороны входного грота внутренние части пещеры очень трудно доступны (на 450 м в глубь от входа удалось проникнуть Л. Теллу). Через пробитый в 1959 г. 57-метровый тоннель нам удалось пройти во внутренние сталактитовые залы пещеры с подземными озерами (до 6 м глубиной) — плёсами подземной реки. Известковые натеки, сталактиты и сталагмиты, в хорошей сохранности. Пещера электрифицирована и местами скромно иллюминирована цветными огоньками, красиво отражающимися в воде озера. Выработана она в коралловых и криноидных известняках силура. Отрезок подземного течения реки от места поглощения (она дренирует большое болото к северу от г. Висбю) до места выхода имеет длину по прямой около 1300 м, но с изгибами, которые она делает под землей,

67. Сталактиты и сталагмиты в пещере Луммелунда



68. Сталактиты пещеры Луммелунда



вероятно, 3—4 км; это расстояние река протекает за 5—6 часов. В списке больших пещер мира (Chabert, Courbon, 1977) длина Луммелунды около 1400 м.

В Финляндии карстовые явления распространены ограничено из-за редких выходов на поверхность известняков и умеренного стока. Все же известняки (в осадочно-метаморфических толщах среди пород архея) местами распространены: на севере — доломитизированные, на юге — чистые. Карстовые явления несколько выделяются в известняках на крайнем юго-западе, где имеются карры, ниши выщелачивания озерными водами (Лохья). Некоторую роль

играет древний карст, закольматированный песчаником. На развитие карста в плейстоцене оказывал воздействие ледник, а в послеледниковое время, когда известняк постепенно освобождался от непроницаемого покрова, вскрывался древний, ископаемый, карст и развивался современный. Обнажению известняка способствовали морская и озерная абразия (Corbel, 1957в).

Карст Британских островов, широко распространенный как в Великобритании, так и в Ирландии, к настоящему времени всесторонне изучен английскими карстоведами. Но в его исследовании, так же как и в изучении бельгийского карста, принимали

участие и французы: в конце прошлого столетия — Э. Мартель, а в 50—60-х годах нынешнего — Ж. Корбель.

В Великобритании и Ирландии соприкасаются каледонские и герцинские структуры. Большая часть обоих островов занята каледонидами, где распространены известняки, преимущественно каменноугольные, отчасти более древние — от силура до кембрия. Крайний юг Ирландии и юго-запад Великобритании заняты герцинидами, где тоже есть выходы каменноугольных и девонских (на юге Англии) известняков. Юго-восточная часть Великобритании имеет платформенный чехол, в состав которого входят пермские (доломит), юрские (оолитовый известняк) и меловые (мел) карбонатные породы.

Влажный климат Великобритании и Ирландии благоприятен для развития карста. По Ж. Корбелю (Corbel, 1957в), величины полной годовой денудации вследствие растворения колеблются от 30—40 (Мендип-Хилс, центральная Ирландия) до 80—85 (южная половина Пеннинских гор), 100—120 (западная Ирландия) и 150 (на западе в горах Шотландии) тысячных долей миллиметра (что соответствует мм/1000 лет). Для равнинных, возвышенных и низкогорных районов это немалые величины. На район каменноугольных известняков северной Англии (северо-западный Йоркшир) М. М. Свитинг (Sweeting, 1966), применив формулу Ж. Корбеля, получила величину скорости карстовой денудации приблизительно 41 мм/1000 лет для поверхности, а полной, вместе с подземным выщелачиванием, — примерно 83 мм. Приняв продолжительность времени от позднего ледникового в северной Англии за 12 000 лет и взяв первую величину (поверхностной денудации), она получила, что в среднем в послеледниковое время поверхность денудирована на 49 см, т. е. почти на полметра.

Карст Великобритании в основном образовался в каменноугольных и отчасти более древних известняках. Пермские доломиты, как и в Нидерландах, служат карбонатными коллекторами газа. В Англии к ним приурочено газовое месторож-

дение Эксдейл (Максимович, Енцов, 1966). Мезозойские карбонатные породы не дают ни типичных карстовых форм, ни свойственного карсту гидрологического режима. Районы их распространения характеризуются преимущественно эрозионным рельефом, частично сухими долинами.

Главные фазы карстообразования в Великобритании приходятся на третичный и четвертичный периоды (английские карстоведы не разделяют первый на палеоген и неоген), хотя в отдельных районах есть следы карста и более ранних эпох. Климат третичного периода был гораздо теплее современного. В четвертичный период основные карстовые районы (кроме Мендип-Хилс) покрывались льдом. Карстообразование шло интенсивно во время отступления ледника и приостанавливалось при новом наступлении. В послеледниковое время была сухая эпоха с менее интенсивным развитием карста. Из-за оледенения рельеф большинства карстовых районов Великобритании имеет четвертичный возраст, и лишь относительно небольшие районы сохранили морфологию третичного и более ранних периодов.

Один из важнейших карстовых районов Великобритании — *северо-западный Йоркшир* с примыкающим с запада побережьем залива *Моркам*. Здесь есть формы третичного карста в виде котловин, напоминающих увала и содержащих обычно ледниковые отложения. У залива Моркам встречаются конические холмы, которые рассматривают как реликты третичного тропического карста. Местность, окружающая Малхем-Тарн, представляет собой краевое поле, где проявилась планация за счет растворения. Много замкнутых депрессий, карстовых воронок, в том числе глубоких шахтообразных и кратерообразных. Есть карстовые колодцы и шахты. Для пещер характерно сочетание горизонтальных участков с вертикальными стволами. Пещеры сформировались в замкнутых бассейнах с шахтообразными воронками за счет деятельности талых вод ледника и считаются полостями, образованными преимущественно вадозными водами. Разные уровни многоэтажных пещерных

систем развивались в результате изменения условий обводнения известняковых толщ в четвертичном периоде. Пещера Изгил — Ланкастер имеет длину 33 км. Значительными размерами (длина 11,3 км, глубина 179 м) выделяется лабиринт пещерной системы Гейпинг-Джилл, а глубиной (184 м) — Пенигент-Пот (Chabert, Courbon, 1977; Sweeting, 1972; Тюрина и др., 1970). Характерны поноры, поглощающие временные и постоянные водотоки, многочисленны исчезающие и подземные реки, сухие долины, карстовые источники. Покрытый (ледниковыми отложениями) и задернованный карст встречается вместе с голым, где распространены карровые поля с различного типа каррами, в том числе знаменитые известняковые "мостовые", представляющие собой преимущественно тип трещинных карров (Sweeting, 1966). Иногда это карровые поля с округлыми межкарровыми ребрами (так называемые "Rundkarren") и пространства бороздчатых карров, особенно типичных у залива Моркам.

Известняковые "мостовые" — результат оглаживающего эрозионного действия ледника. Предполагают, что в стадии послеледниковья они покрылись кустарником и частично лесом, но из-за вырубki и выпаса опять оголились. Иногда они располагаются на ступенях слоисто-лестничного карста — Schichttreppenkarst (Sweeting, 1966, 1972). Среди известняковых "мостовых" встречаются трещинные колодцы.

Район *Дербишира*, соответствующий южной части Пеннинских гор, в большинстве случаев обладает наиболее полно представленным карстом. Здесь имеются древние воронки или остатки замкнутых пещерных полостей, сохранившиеся от ранних фаз карстообразования, местами конические холмы, напоминающие останцовые карстовые формы Средиземноморья. Большое известняковое пространство в округе Пик представляет собой систему сухих долин с дренажем в восточном и юго-восточном направлении (Warwick, 1964). От поглощения поверхностного стока образовались пещеры, представляю-

щие собой галереи вытекания и втекания вод. Описанные Э. Мартелем пещеры Пика прорезают ряд свинцовых жил. В округе Пик и других районах Пеннинских гор внушительны вертикальные шахты и пропасти (Waltham, 1974).

Хотя район *Мендип-Хилс* сравнительно небольшой, но он сыграл заметную роль в развитии карсто-во-спелеологических и археологических исследований. Об интенсивности их можно судить по монографии Д. И. Смита и Д. П. Дрю (Smith, Drew, 1975). В этом районе распространены системы сухих долин, воронки различных форм и размеров, пещеры. Реки, протекающие по некарстующимся породам, достигнув известняковых массивов, исчезают в карстовых полостях, нередко ставших входами в пещеры. Пещеры данного района описаны в нашей литературе (Тюрина, Булдаков, 1972). Они развиты по плоскостям наслоения, частично по вертикальным тектоническим трещинам и представляют разные морфолого-генетические типы. Известная прекрасными натечными образованиями четырехэтажная пещерная система Свилдон-Хоул имеет длину почти 7,5 км. В пещере Стоук-Лейн-Слокер обнаружены скелеты первобытных людей (там же; Warwick, 1953). В западной части Мендип-Хилс есть реликтовые формы третичного останцового карста (кегелькарст), в то время как карст восточной части имеет только четвертичный возраст (Corbel, 1957в).

В Южном Уэльсе карст представлен ярко и выразительно. Известняковые пространства расчленены реками, образовавшими ряд ущелий. В долины рек открываются пещеры, более длинные на западе, чем на востоке. В пещере Дан-Ир-Огоф обводненные коридоры и гроты сменяют друг друга на протяжении 11 км, они содержат сталактиты в виде тонких полых трубочек. Есть исчезающие и подземные реки, которые вновь выходят на поверхность, а также лабиринты в значительной части сухих пещерных галерей, созданные фреатическими (напорными) водами: Огоф-Ффинон-Дду представляет собой

огромную сеть суммарной длиной 38,5 км и глубиной 308 м — самая большая по длине и глубине пещера Великобритании (Chabert, Courbon, 1977; Corbel, 1957в; Proc. 7ISC — 77, p. 116—121, 108—110; Тюрина, Булдаков, 1971). Эта пещера известна также замечательными геликтитами и пещерными цветами (Sweeting, 1972). Имеются карстовые шахты, карры, известняковые "мостовые". Западнее основного района вдоль побережья есть закарстованные участки с сухими ущельями, водопоглощающими понорами. Карст Северного Уэльса подобен карсту у залива Моркам: современные его формы наложены на реликтовые. Встречаются пещеры, небольшие воронки.

Во всех охарактеризованных районах Великобритании карст развит в каменноугольных известняках. Карстовые районы в более древних известняках, кембро-ордовикских (на северо-западе Шотландии), девонских (на юге Англии) и пр., имеют свои особенности. Но эти районы невелики по площади, и их карст менее выразителен.

В Ирландии развиты типичные карстовые явления. Слагающие ее *Центральную равнину* каменноугольные известняки в условиях влажного климата закарстованы весьма интенсивно. Они залегают горизонтально или субгоризонтально. В местах выхода известняков на поверхность образовались каменистые пространства, изборозжденные трещинами, нередко со скоплениями каменных глыб. Много воронок и котловин, частью сухих, частью занятых озерами, уровень которых периодически колеблется. Существенную роль в процессе карстования играют торфяники: в их спертom воздухе содержится много углекислого газа (Corbel, 1969), что обеспечивает активное растворение известняка. Повышенные участки поверхности выделяются типичным карстовым ландшафтом с провалами, пещерами и пр. Встречаются уходящие под землю водотоки, сухие долины. Значительна пещера Дюнмор с натежно-капельными образованиями. Исчезающие в известняках водотоки, поноры, источники, замкнутые депрессии (сухие, периодически об-

водняемые и с озерами), воронки, карры, пещеры есть и на *западе Ирландии* (Corbel, 1952б, 1957в; Sweeting, 1955), где особенно большое влияние на характер карста оказывает геометрически правильная трещиноватость, а проходы больших пещер характеризуются каньоновидной формой. Пещера Полнэголлэм-Полэлва (Pollnagollum-Pollelva) имеет длину почти 12 км, пещерная система Дулин (Doolin) — 10,5 км (Coleman, 1965; Skřivánek, 1968; Tratman, 1968?).

Карст в каменноугольных известняках распространен также в *северной Ирландии*, где есть исчезающие и вновь появляющиеся на поверхность водотоки, сухие долины, воронки, пещеры, естественный мост "Мраморная арка", давший название одной из пещер. В известняках *южной Ирландии* встречаются пещерные лабиринты, разработанные по системам пересекающихся трещин фреатическими водами. Имеющиеся предледниковые карстовые останцы сглажены во время оледенения.

В Бельгии карст развит на юге страны, в Арденнах. Здесь карстуются известняки девона и нижнего карбона, причем первые тянутся поясом на юге и востоке, а вторые занимают центральную часть карстового района. Карст типичен для бассейнов рек Урт, Лес и соседних местностей. Характерны ручьи, теряющиеся на контакте с известняками, иногда в более или менее доступных пещерах, сухие долины, подземные реки, большие карстовые источники, в том числе термальные, воронки и котловины типа *увала* (среди них есть плиоценовые), колодцы, пропасти, пещеры. Попадают останцы тропического кегелькарста третичного времени, которые выдержали холодные эпохи четвертичного периода. Пещера Ремушан (2,8 км длиной), в бассейне р. Урт, с обширными залами, большими сталактитами, сталагмитами и пр. прекрасна и уникальна в Бельгии. Самая древняя "туристическая" пещера мира — Хан, на р. Лес (Han-sur-Lesse); после установления ее 5-километровой длины (1858 г., сейчас 5,7 км) считалась длиннейшей в Европе (Minvielle, 1972). Туристы с

удовольствием плавают по ее подземной реке на лодках. В южных Арденнах небольшие карстовые явления ("малый карст") встречаются в образующих куэстовые ступени юрских песчанистых (нижняя юра) и чистых (средняя юра) известняках на переходе к Парижскому бассейну.

СРЕДНЯЯ ЕВРОПА

В Среднеевропейской области низкогорных и средневысотных герцинских массивов и куэстовых гряд, протягивающейся от берегов Атлантического океана во Франции до окраины Русской платформы в пределах Польши, карст развит в палеозойских породах герцинской складчатой зоны и в мезозойских карбонатных толщах, которые отложились во впадинах раздробленной герцинской основы и впоследствии были приподняты движениями соседних герцинских массивов и альпийских складчатых дуг.

Во Франции, в южной части Центрального массива, сложенной с поверхности мощной толщей юрских известняков и доломитов, находится один из классических карстовых районов — плато *Гран-Кос* (Corbel, 1954; Martel, 1936). Толща карбонатных пород юры, залегающая горизонтально и субгоризонтально, была поднята здесь неогеновыми тектоническими движениями вместе с кристаллическим пенепленом Центрального массива. По характеру рельефа и ландшафта Гран-Кос резко выделяется среди остальной территории этого массива. Яркие выраженные здесь карстовые явления, как и на соседнем плато Керси́, были изучены французским спелеологом Э. А. Мартелем и его помощниками еще в конце прошлого столетия (Martel, 1894; см. Кастере, 1974, XVI; Minvielle, 1972, V).

Плато Гран-Кос в большей части поднимается до 700—1000 м и сильнее приподнято на востоке. Грандиозными каньонами оно разделено на участки, которые носят собственные названия: Кос-Совтер, Кос-Межан, Кос-Нуар и др. Невольно напрашивается сравнение с крымской Яйлой и ее отдельными участками — "яйлами".

На открытой и в общем безлесной поверхности плато всюду обнажается известняк или доломит с нагромождением корродированных каменных глыб, обломков. Местами, особенно в южной части, встречаются типичные поверхностные формы карста: карры, воронки разного вида и двух возрастных генераций — молодые и мелкие на дне более крупных и старых, провалы, сухие долины, выстланные древним аллювием, поля. На дне больших воронок и котловин развиты глинистые почвы. Здесь встречаются поселения, вообще крайне редкие на верху плато, которое в основном представляет собой неплодородное безводное пространство, поскольку атмосферные осадки (особенно характерны осенние ливни) и талые снеговые воды просачиваются в глубь карбонатной толщи. Речная сеть разрежена: плато пересекают каньоны реки Тарн и ее притоков — Жонт и Дурби. Каньоны (глубиной около 500 м) имеют крутые, иногда нависающие обрывы бортов, с множеством пещер. У подножия плато выходят подземные воды в виде карстовых источников, поэтому тут многочисленны селения.

В районе плато Гран-Кос много глубоких пропастей, многокилометровых пещерных систем и подземных рек, прослеженных на десятки километров. Дренажная система подземной реки, протекающей по пещере Брамабье, имеет длину почти 10 км. На плато Кос-Межан замечательна пропасть Арман (глубиной около 210 м). Ее верхний шахтный ствол, открывающийся на дне воронки, входит в свод огромной косо наклоненной полости с выросшими на откосе пола гигантскими (некоторые более 30 м высотой) сталагмитами: сталагмиты, очень изящные, напоминают узкие кроны деревьев. От нижнего конца этой полости с великолепным каменным лесом уходит вглубь 87-метровая вертикальная шахта, которой заканчивается пропасть.

Полоса кристаллических пород, доходящая до южного края Центрального массива, отделяет от плато Гран-Кос плато Керси́, или *Малый Кос*, которое расположено западнее и пересекается реками Дордонь и Ло.



69. Сталактиты пещеры Клямуз (район Лангедокского Карста, Франция)

Оно ниже (до 500 м) и доступнее, сложено юрскими известняками. Здесь также всюду развиты карстовые явления, но грунтовые воды располагаются ближе к поверхности, речные долины шире, карстовые котловины типа полей имеют плодородные почвы. Есть воронки без поноров и поноры-пропасти, которые поглощают воду и питают ею системы пещер и подземных рек, открывающихся в долины. Наиболее известна система внушительной пропасти-шахты (более 30 м шириной и 75 м глубиной) и пещеры Падирак (около 15 км

длиной). Протекающая по этой пещере подземная река пересекает несколько залов, наиболее высокий из которых (Большой Собор) превышает 90 м (см. указанные работы Э. А. Мартеля; Cvijić, 1960). Северозападнее Керси расположен известняковый бассейн *Перигора* и *Шаранты*, где распространены пещеры с археологическими остатками, рисунками ориньякского человека (пещера Баррабау у Бюга — Кастере, 1974), гроты с наскальной живописью (Ласко у Монтиньяка и др.), поноры-пропасти, системы сухих долин и подземных рек.



70. Сталагмитовые образования пещеры Клямуз

Восточнее плато Гран-Кос, в бассейнах рек Ардеш, Сез и Гар (правые притоки Роны), находится район *Лангедокского Карста*, связанный в основном с юрскими известняками и доломитами и с нижнемеловыми известняками. Этот район замечателен многочисленными подземными потоками, карстовыми источниками и большими пещерными системами: сеть Кури—ля-Кокальер (7,5 км¹) на границе департаментов Гар и Ардеш, Фуссуби (13,2 км) в Ардеше.

¹ Недавно писали, что ее длина превышает 25 км.

Пещера Клямуз (ок. 4 км) богато украшена натежно-капельными образованиями и имеет кристаллические цветы из арагонита, тонкие и изящные.

В мезозойских и третичных карбонатных породах Парижского бассейна (известняки, мел) местами также развиты карстовые явления в виде исчезающих и вновь появляющихся рек (р. Авр), подземных водотоков, источников, сухих долин, воронок, провалов в покрытом карсте, пещер. Пещера Комон в мелу Руана имеет (с разветвлениями) длину более

2 км. Распространен ископаемый карст.

В Федеративной Республике Германии к герцинским массивам относятся Рейнские Сланцевые горы, где небольшими, но многочисленными участками распространены девонские рифовые и массивные известняки. На известняковых хребтах встречаются воронки, провалы, пещеры. В пещере плейстоценового возраста около Дюссельдорфа найдены остатки неандертальца.

Карстовые районы южной части страны относятся к Швабско-Франконскому бассейну с большой куэстовой ступенью из верхнеюрских известняков. На поверхности куэстовой известняковой гряды *Швабского Альба* (Швабской Юры) расположено безводное плато с карстовыми воронками, замкнутыми впадинами, провалами, особенно в широких сухих долинах. Характерна разреженность гидрографической сети. Имеются пещеры. Карстовые воды в известняках дают обильные воклюзские источники, особенно на юге. В юго-западной части района Швабского Альба исчезают воды верхнего Дуная, между Иммендингеном и Тутлингеном, и появляются вновь на поверхности в виде мощного источника — Хегаусского Ааха. Окраской воды флуоресцеином установлено, что исчезнувшие воды реки сохраняют свою индивидуальность в виде подземного потока на протяжении 12,5 км, появляясь на 170 м ниже по вертикали в виде восходящего источника (Щукин, 1964).

Пещеры и другие карстовые формы развиты на известняковом куэстовом плато *Франконского Альба* (Франконской Юры). В Франконских горах имеется и гипсовый карст, развитый в пластах гипсоносных мергелей *Франконских высот*, и куэсты *Штейгервальд* из песчаников верхнего триаса (кейпер). Мергели с карстующимися гипсами залегают в основании песчаниковых слоев. Вследствие выщелачивания гипсов на широкой ступени у подножия Штейгервальдской куэсты образовались воронки и другие карстовые формы; карстовые процессы как бы подкапывают песчаниковую толщу.

В Мюнстерландском бассейне закарстованы меловые (сеноманские и туронские) известняки *Тевтобургского Леса*, *Эгге* и *Харштранга*. Карст широко распространен и в области Саксонского орогена, расположенной на северо-востоке, где закарстованы известняки и гипсы от пермского до верхнемелового возраста. Здесь насчитывается около 6500 карстовых воронок.

На границе ФРГ и ГДР расположен горный массив Гарц, карстовые районы которого находятся главным образом на территории ГДР. Карбонатный карст здесь развит в известняках девона. Наиболее известны сталактитовые пещеры Германа (1750 м длиной) и Баумана (длиной 1000 м) в долине р. Боды у Рюбеланда, пользующиеся большой популярностью у туристов. В пещере Германа установлено шесть этажей. В обеих пещерах найдены каменные и костяные орудия, свидетельствующие об их заселении доисторическим человеком в начале послеледниковой эпохи — около 50 000 лет назад. Недавно обнаружена еще одна обширная пещера — Камеруновская (Небель, Шурубор, 1972).

В южном Гарце интенсивно закарстованы гипсы пермского возраста (цехштейн): многочисленны провальные воронки и другие поверхностные формы карста, а также органнотрубные и гипсовые пещеры (там же; Int. Spel.— 73, II: S. Pfeiffer und and.). Пещера Виммельбюргер Шлоттен имеет длину 2,4 км.

С востока и юго-востока Гарц окаймлен в виде широкой дуги областью соляного и гипсового карста, где мощные соляные и гипсовые слои находятся среди пермских (цехштейн) и отчасти (на юге) триасовых отложений (Int. Spel.— 73, I: F. Reuter). В юго-западном районе этой области — *Тюрингенском бассейне*, расположенном южнее Гарца, можно видеть, как от окраинных частей к центру пермские отложения сменяются триасовыми (включая верхний триас). Карстуются известняки, доломиты, ангидриты и гипсы. Особенно важно подземное выщелачивание солей в слоях цехштейна, приводящее к образованию поверхностных

карстовых форм в большей части бассейна. В гипсах многочисленны провалы, воронки, пещеры, в том числе крупные (просторная Химмельрайх-хёле, Хеймкеле (1710 м длиной)), "выпуклые" пещеры (пещерные полости в цехштейнских гипсах с вздутыми сводами, выражающимися на поверхности в виде небольших холмообразных поднятий), маленькие поля, поноры, карстовые источники.

К области герцинских массивов относятся некоторые карстовые районы Чехословакии: Чешский Карст, Моравский Карст, небольшие районы Северо-Моравской карстовой области (Кригер, 1953; Максимович, 1959; Хабера, 1957; Štelcl, 1972; он же — *Int. Spel.* — 73, II). Чешский Карст — главный карстовый район Чехии, расположенный к западу от Праги вдоль нижнего течения р. Бороунки и ее притоков. Карстовые явления приурочены здесь к интенсивно дислоцированным силурийским и девонским известнякам. Поверхностные карстовые формы развиты незначительно, но имеется множество пещер. В большинстве случаев они небольших размеров, некоторые известны ценными археологическими и палеонтологическими находками. Самая крупная и интересная — Конепрусская пещера, суммарной длиной 2050 м (на протяжении 1150 м она оборудована для осмотра туристами), изобилующая разнообразными натечно-капельными образованиями, в том числе эксцентричными сталактитами. В ней сделаны единственные в своем роде палеонтологические, археологические и исторические находки; из последних, например, относящаяся к началу XV в. мастерская фальшивомонетчиков (Хабера, 1957; Korš, Stehlík, 1962; Skřivánek, Rubín, 1973). В южной Чехии, близ Табора, находится оборудованная для туристического осмотра Хиновская пещера (длиной около 400 м). В остальных районах Чехии карст распространен очень мало.

Моравский Карст — самый крупный и самый известный из карстовых районов Чехословакии, относящихся к области герцинских массивов (Гвоздецкий, 1970; Хабера, 1957; Absolon, 1970; Kunský,

1950; Příbyl, 1973a; Stehlík, Kunský, 1961). Он расположен севернее г. Брно, на юго-восточной окраине Чешского массива, на стыке с Карпатской зоной. Карстуются здесь девонские известняки, налегающие на древние изверженные породы Брненского гранитоидного массива. Известняки занимают меридиональную полосу длиной 25 км и шириной 2 — 6 км. На этой территории ярко выражены поверхностные и подземные формы карста — воронки, провалы, поноры, "слепые" (замкнутые в нижнем конце) и сухие долины, местами (на известняковых обнажениях) карры, сталактитовые пещеры и подземные водные потоки — реки, ручьи. Автору книги трижды удалось побывать в Моравском карсте, ознакомиться с районом Слоупско-Шошувской системы пещер общей длиной 4 км (ил. 71), с глубокими (150 м) безводными каньонами Пусты жлеб и Сухи жлеб, с понором Нова Расовна и полуслепой Гольштейнской долиной, образованной потоком Была вода, с другими понорами, колодцами и слепыми долинами, с районом пещеры Рудицкого пропадаания, связанного с ней подземного Ядовницкого потока и пещеры Бычья Скала в долине Кртинского потока. Этой пещерой заканчивается активная система Ядовницкого потока. Она известна находками, относящимися к палеолиту и гораковской культуре. На некоторых посещенных объектах необходимо остановиться.

В средней части Моравского Карста, в карьере возле Рудице, вскрыты погребенные конусовидные воронки (до 100 м глубиной) и между ними — характерные для тропического карста конические и куполовидные останцы. Эти формы ископаемого карста образовались в мезозое и в третичное время, когда в Средней Европе господствовал влажный тропический климат.

Пещера Кульна с широким арочным входом интересна в археологическом отношении: в ее рисских, рисс-вюрмских и вюрмских отложениях найдены кости и каменные орудия палеолита, причем обнаружено восемь слоев с остатками палеолитических стоянок: пещера несколько



71. Вход в Слоупско-Шошувский пещерный лабиринт Моравского Карста (Чехословакия). Фото Н. А. Гвоздецкого

раз заселялась палеолитическим человеком.

Самым замечательным объектом Моравского Карста, конечно, является знаменитая пещерная система подземной реки Пунквы с провальной пропастью-шахтой Мацоха. Внимание посетителей привлекают различные натечно-капельные образования сухой части пещеры (вроде Сальмова столба в Переднем зале, с натечной ребристой поверхностью — самого крупного сталагмита в Моравском Карсте, группы сталагмитов Турецкое кладбище в Заднем зале и т. п.), по которой можно пройти несколько сотен метров на дно пропасти Мацоха, чтобы затем возвратиться на моторных лодках по р. Пункве и образуемым ею подземным озеркам. Длина водного подземного пути — 750 м. В одном из боковых ответвлений обводненной галереи нижнего этажа пещеры находится Сказочный зал (ил. 72) — действительно сказочно прекрасный из-за разнообразных сталагмитов и свисающих с потолка бесчисленных сталактитов в виде длинных и хрупких пустотелых трубочек ("брчка"). Большое впечатление оставляет и осмотр провальной

пропасти-шахты Мацоха 138-метровой глубины. Она эффектна как снизу, так и особенно сверху, куда поднимаются по шоссе со дна каньона после осмотра подземелий Пунквы.

От остановки автобуса у туристического отеля короткий путь по тропе еловым лесом, и неожиданно останавливаешься у края пропасти. С верхней смотровой площадки стараешься заглянуть как можно глубже в темноту зияющей дыры, откуда незадолго перед этим, задирая голову, разглядывал верх грандиозного провала.

В нынешнем десятилетии в подземных гидрографических и пещерных системах Моравского Карста сделаны важные открытия, особенно в северной части района, на карстовой реке Пункве и ее притоках. Начало исследований, приведших к главному открытию, было трагическим. В августе 1970 г. в сифоне Аматерской пещеры, открытой в 1969 г. в подземной системе ручья Была вода, погигли М. Шлехта (руководитель спелеологической группы, открывшей Аматерскую пещеру) и инженер М. Заградничек. Когда воду этого сифона стали выкачивать, то обнаружили



72. Сказочный зал в пещере Пунквы

73. Слоупско-Шошувская пещера. Сталагмит Подсвечник.
Фото Яна Воздечки

74. Известняковые скалы в Моравском Карсте.
Фото Д. Врзак





75. Ископаемый останец тропического карста в карьере у Супиковице (Чехословакия). Фото Н. А. Гвоздецкого

вход в обширную пещерную систему. В течение 1972 г. спелеологи исследовали ее и прошли по ней 10,5 км (без измерения многочисленных боковых ходов), открыв таким образом длиннейшую пещерную систему в Чехословакии (в последней сводке о пещерах мира названа Новой Пунковской). Система продолжается в пропасть-шахту Мацоха, и предполагают, что она соединяется (для выяснения этого необходимо преодолеть трудные сифоны) со Слоупско-Шошувской системой, пещерой Расовна, близ деревни Гольштейн, и др. (Largest cave system..., 1973; Int. Spel.—73, III: J. Píše and oth.; Štelcl, Vlček, 1974). Вскрывать сифон (при помощи взрывных работ) спелеологам пришлось и в системе Ядовницкого потока и пещеры Бычья Скала, чтобы продвинуться в сторону Рудицкого пропадаания. Эта пещерная система имеет длину около 3 км.

В Моравском Карсте проведены разносторонние исследования: карстово-спелеологические, геологиче-

ские, гидрологические и гидрогеологические, климатологические, биоспелеологические, археологические и др. В 1956 г. в Моравском Карсте образован ландшафтный заповедник (Speleol. věstn., 1976).

Северо-Моравская карстовая область включает ряд небольших районов с интересными карстово-спелеологическими объектами (Гвоздецкий, 1970; Хабера, 1957; Štelcl, 1972). С ними нам также удалось ознакомиться. У подножия восточного отрога Яворницких, или Рихлебских, гор находится *Супиковицкий карстовый район*. В карьере у Супиковице, где ведется разработка протерозойского мрамора, обнажены (вскрыты) конусовидные останцы ископаемого тропического карста (ил. 75). На поверхности останцов заметны округлые углубления — следы выщелачивания, приведшего к формированию останцов. В депрессиях погребенного рельефа этого келькарста сохранились красные каолиновые глины третичного возраста,

представляющие собой кору выветривания мраморов, и дочетвертичная кора выветривания галечников, перекрытые ледниковыми отложениями. Неподалеку от Супиковице находится Шпичакская пещера (На Шпичаку — Skřivánek, Rubín, 1973) в массиве мраморов, представляющая собой сложную систему узких ходов, имеющих в поперечнике характерную сердцевидную форму. Пещера возникла в доледниковую эпоху, однако она моложе супиковицкого кегелькарста. Она изобиловала капельниками, но обитавший в ней первобытный человек их уничтожил, употребляя остроконечные сталактиты в качестве оружия. Кроме археологических остатков в пещере есть и исторические памятники.

Западнее небольшого судетского городка Есеник, на границе Силезии и Моравии, в борту лесистой долины расположена пещера На Помези ("на границе"), два верхних этажа которой оборудованы для посетителей. Пещера разработана по вертикальным трещинам в кристаллических девонских (или преддевонских) известняках, залы ее богато украшены натечно-капельными образованиями. Много звучащих занавесей, есть сфероидальные сталактиты. В эпохи оледенений пещера находилась в перигляциальной зоне. Ее своды, расположенные близко к поверхности склона, испытывали действие мороза, отчего в некоторых залах произошли разрушения.

К востоку от северной оконечности Драганской возвышенности, на правобережье р. Моравы, у г. Литовель расположен район Младечского Карста, который соответствует Тржецинской возвышенности, образованной девонскими известняками, интенсивно закарстованными. Известняки пронизаны вертикальными трубами — геологическими органами, которые заполнены терра-россой. Система карстовых ходов и полостей настолько сложна, что нельзя было подсчитать запасы известняков и пришлось отказаться от предполагавшегося здесь строительства цементного завода. Под поверхностью возвышенности погребен тропический кегелькарст. Там, где известняки не перекрыты,

есть карры, воронки. У подножия возвышенности, в пойме Моравы, выбивают карстовые источники (установлена их подземная связь со следующим районом — Яворжичского Карста).

Близ г. Младечь находится Младечская пещера — сложный лабиринт ходов, разработанных по тектоническим трещинам. В ее отложениях, относящихся к миндель-рисскому межледниковью, найдены следы обитания первобытных людей переходного периода неандерталь-кроманьон. Заселение пещеры более древнее, чем пещеры Кульна в Моравском Карсте, оно относится к нижнему плейстоцену. Один из залов, Храм Природы, богато украшен сталагмитами, сталактитами, каменными занавесями. Есть ребристый звучащий занавес, выступы которого неодинаковой толщины и при ударе палочкой издают разные по высоте звуки. Зал Девушек (Паненска пещера) имеет нетронутые сталактиты. Но в большей части пещеры сталактиты обломаны, так как она долго оставалась без присмотра.

Замечательна Яворжичская пещера в расположенном к юго-юго-западу заповедном Яворжичском Карсте, соответствующем массиву Шпранку (в северной части Драганской возвышенности), с закарстованными верхнедевонскими известняками, аналогичными известнякам Моравского Карста. В ее первом зале — Зале обломков — интересны искривленные сталагмиты, выросшие на медленно движущейся осыпи. В зале Сказочная пещера привлекают внимание сталактиты со сферическими основаниями. Эти залы находятся в старой (открытой в 1938 г.) части пещеры, для которой характерны следы эрозивной деятельности древних водных потоков и обилие разнообразных натеков и капельников. В 1958 г. обнаружена новая часть пещеры — пещера Мира, с разработанными по вертикальным трещинам ходами, высокими залами и колодцами-пропастями глубиной 30—40 м. Здесь тоже обилие сталактитов и натечных драпировок, а в одной из камер много великолепных эксцентричных сталактитов, встречающихся и в других



76. Сталактитовый занавес в Яворжичской пещере.

Фото Яна Тахеци

местах. В 1960 г. найдены еще новые ходы и залы, составляющие систему 700-метровой длины (Skřivánek, Rubín, 1973). Общая длина пещеры 3,5 км. В Яворжичском Карсте много воронок и карстовых источников, есть естественная скальная арка.

На юго-восточной окраине Северо-Моравской карстовой области, в районе г. Границе, на р. Бечве (левый приток Моравы) расположен *Границкий Карст*. Здесь имеется древний, донеогеновый, погребенный останцовый тропический карст, типа башенного карста (турмкарст), а в курортном местечке Теплице над Бечвой находится известная Збрашовская арагонитовая пещера (Kunský, 1950; Skřivánek, Rubín, 1973). Останцовый ископаемый карст и пещера

выработаны в девонских известняках. Длина оборудованной части пещеры 300 м. Это сложный лабиринт ходов с подъемами и спусками. В первой камере и в одном из крупных залов в глубине пещеры поражает сильная корродированность известняка, превращенного буквально в каменное кружево — результат действия термальных минеральных вод. Другой результат их воздействия — кристаллы арагонита, наблюдающиеся во многих пещерных залах и ходах, местами образующие арагонитовые цветы. Интересны гейзерные сталагмиты, через которые в пещеру проникала термальная минеральная вода, выбивая фонтанами из пустотелых сталагмитов. Их особенно много в Юриковом зале. В связи с опусканием

уровня вод фонтаны теперь бездействуют, но в нижней камере гейзеры реконструированы — из них бьют небольшие фонтаны воды, а с потолка свешиваются сталактиты, одетые арагонитовыми кристаллами.

Збрашовская арагонитовая пещера расположена на левом берегу р. Бечвы, а на правом находится Границка Пропась — карстовая шахта глубиной 105 м, на одну треть (37,5 м) заполненная водой.

Осталось назвать районы восточной части области герцинских массивов. Они находятся в южной Польше, располагаясь широкой полосой к северу от Карпат, и соответствуют как приподнятым массивам с герцинской структурой, так и соседним участкам эпигерцинской платформы.

Разные литологические типы карста небольшими участками распространены в Судетах, где в условиях сложной тектонической структуры встречается карст в верхнепротерозойских и нижнепалеозойских известняках и доломитах девона (карры, воронки, пещеры — Вуйчик, 1964; Kowalski, 1954; Pulina, 1965). На севере же, в более пологих складчатых структурах, осложненных разрывами, развит карбонатный и гипсовый карст в породах перми (цехштейн). При этом в синклинальных бассейнах создаются условия для формирования глубокого карста, в котором образуются пещеры (Krasoń, Wójcik, 1965). На Силезском плато карст развивается в известняках и доломитах триаса, отчасти девона и мела. В южной части плато, где залегают породы триаса, можно видеть неправильной формы воронки и широкие депрессии глубиной до 30 м, отверстия поноров, достигающие в диаметре 50 м, закарстованные трещины, расширенные вследствие растворения трещины наслоения и пещерные ходы. Преобладают ископаемые и реликтовые карстовые формы: широкие карстовые депрессии, трубы, пещеры. Поноры и пещерные ходы имеют различные заполнители (Gilewska, 1965).

Наиболее значительный и, пожалуй, самый интересный — район Краковско-Ченстоховской возвышенности (Краковско-Ченсто-

ховской Юры), расчлененная куэстовая гряда из верхнеюрских известняков, отчасти мергелей и доломитов, которые на востоке уходят под меловые (преимущественно известняково-мергелистые) отложения. Эта гряда протягивается между Ченстоховой и Краковом и характеризуется свойственными карсту гидрологическими особенностями (Блашак, 1964; Вуйчик, 1964; Kowalski, 1951). Еще в конце прошлого столетия здесь была выделена Г. О. Оссовским Краковско-Ченстоховская пещерная область. Из поверхностных форм района особенно типичны и многочисленны известняковые останцы, которые рассматривают как реликтовые формы тропического карста — моготе. В южной части района они поднимаются среди палеогеновой поверхности выравнивания на высоту около 30 м. Для сохранения реликтовых останцовых форм большое значение имел тот факт, что район Краковско-Ченстоховской возвышенности только один раз покрывался материковым льдом: во время краковского (миндельского) оледенения. На других известняковых территориях Польши, захватывавшихся следующим оледенением, условия для сохранения моготе были хуже (Покорный, 1964; Gilewska, 1964). В районе распространены также воронки, поноры, сложные котловины, сухие долины (Блашак, 1964).

В связи с проведением в Кракове международного симпозиума по проблемам развития карстового рельефа южной Польши (1969 г.) удалось посетить район Краковско-Ченстоховской возвышенности и ознакомиться с известняковыми останцами к юго-востоку от Ченстоховой, возле Ольштына, с известняковым массивом Соколе-Гуры, имеющим останцы, пещеры и карстовые колодцы. Были осмотрены также долины карстовой речки Верчицы и источники в ее верховье (Зыгмунта и др.), ископаемый карст в карьерах возле Юлианки и в местности Кузле, глубокие котловины с рыхлым заполнением (главным образом пески, в Кузле — формовочные) мелового возраста, покрытый карст (с покровом плейстоценового песка) в бассейне р. Бялки у Лелюва, останцы, пещеры



77. Известняковый останец Мачуга ("па-лица") в долине Прондника у Песковой Скалы (Польша).

Фото Н. А. Гвоздецкого

и котловины проседания на известняковой возвышенности у Подлещице.

Одна из здешних пещер — Подлещицкая имеет форму каменного мешка, заканчивающегося в глубине вертикальным колодцем (общая глубина около 60 м). В нише верхней привходной части она содержит остатки заполнения из брекчии, которая образована костями летучих мышей, сцементированными травертином (заполнение плиоценового возраста, а полость пещеры более древняя). В южной части Краковско-Ченстоховской возвышенности были осмотрены причудливые карстовые останцы и источники в известняковых долинах Прондника и Сонспувка у Песковой Скалы (ил. 77) и в национальном парке Ойцув. Маршрут по карсту возвышенности закончился в долине Прондника у известняковых скал, образующих естественные ворота Брама Краковска.

Другой маршрут вел на северо-восток от Кракова, в район гипсового карста левобережной части бассейна р. Ниды. Здесь мы ознакомились с карстовыми формами в неогеновых гипсах (тортон) возле деревень Александрув и Скорочице. В обоих пунктах гипсы образуют куэстовые уступы. Район Скорочице посещался нами дважды (о первом посещении см.: Гвоздецкий, 1970). Гипсы здесь такие же, как и в пещерных лабиринтах Подолии — крупнейших в СССР. Однако в Александруве и Скорочице гипсы лишены покрова известняковых слоев, и неустойчивый свод карстовых полостей быстро обваливается, отчего здесь господствуют провальные котловины и воронки, соединенные сравнительно небольшими пещерными ходами (ил. 78). У Скорочице пещерно-провальная система имеет приблизительно километровый пещерный ход, а карстовый ручей то исчезает под землей,

то вновь появляется на поверхность. К востоку от Сташува, у селения Чайкув, мы осмотрели воронки и западины покрытого гипсового карста (с покровом песков эпохи оледенения). На дне воронок лежал торф. Палинологический анализ позволил польским исследователям выяснить стадии эволюции этих форм в послеледниковое время.

В южной части Свентокшиских гор закарстованы преимущественно девонские известняки. В районе Кельце есть ископаемый (погребенный) карст. На горе Кадзельня встречаются карстовые воронки (Блашак, 1964). Восточнее, на южном склоне гор, у Лагува, приуроченном к Келецко-Лагувской синклинали, есть периодические и исчезающие водотоки, карстовые источники, сталактитовые пещеры (Збуйницка пещера, 200 м длиной). К северо-востоку от Свентокшиских гор распространены юрские и меловые известняки. Здесь имеется несколько небольших пещер (Вуйчик, 1964; Kowalski, 1954). Севернее Ожарува есть исчезающая в меловых известняках карстовая речка и связанная с ее исчезновением "суха долина".

Люблинская возвышен-

осадки в карбонатной фации. Для Розточе характерен ископаемый карст (Gilewska, 1964; Int. Spel.— 73, III: M. Harasimiuk; M. Harasimiuk, A. Henkiel).

ПИРЕНЕИ, АЛЬПЫ, КАРПАТЫ И СРЕДНЕДУНАЙСКИЙ БАССЕЙН

Пиренеи, расположенные на границе Франции и Испании, исследовались главным образом французскими спелеологами, но при участии спелеологов из других стран. Здесь карстуются мезозойские, преимущественно меловые, известняки, в северных Пиренеях также и эоценовые, а в Высоких Пиренеях есть карст и в докембрийских карбонатных породах — доломитах и известняках. Известняки участвуют и в строении южного склона гор, где карстовые явления изучены, например в верховье Эсера. Известняки образуют складчатые структуры, которые осложнены сбросовыми дислокациями. Поверхностные формы карста представлены каррами, в особенности трещинными (Proc. 7ISC — 77, p. 345), трещинными колодцами, провалами. Много исчезающих и внезапно появляющихся на поверхность в виде мощных

78. Пещерная полость в тортонских гипсах у Скорочице (бассейн р. Ниды, Польша).



Фото Н. А. Гвоздецкого

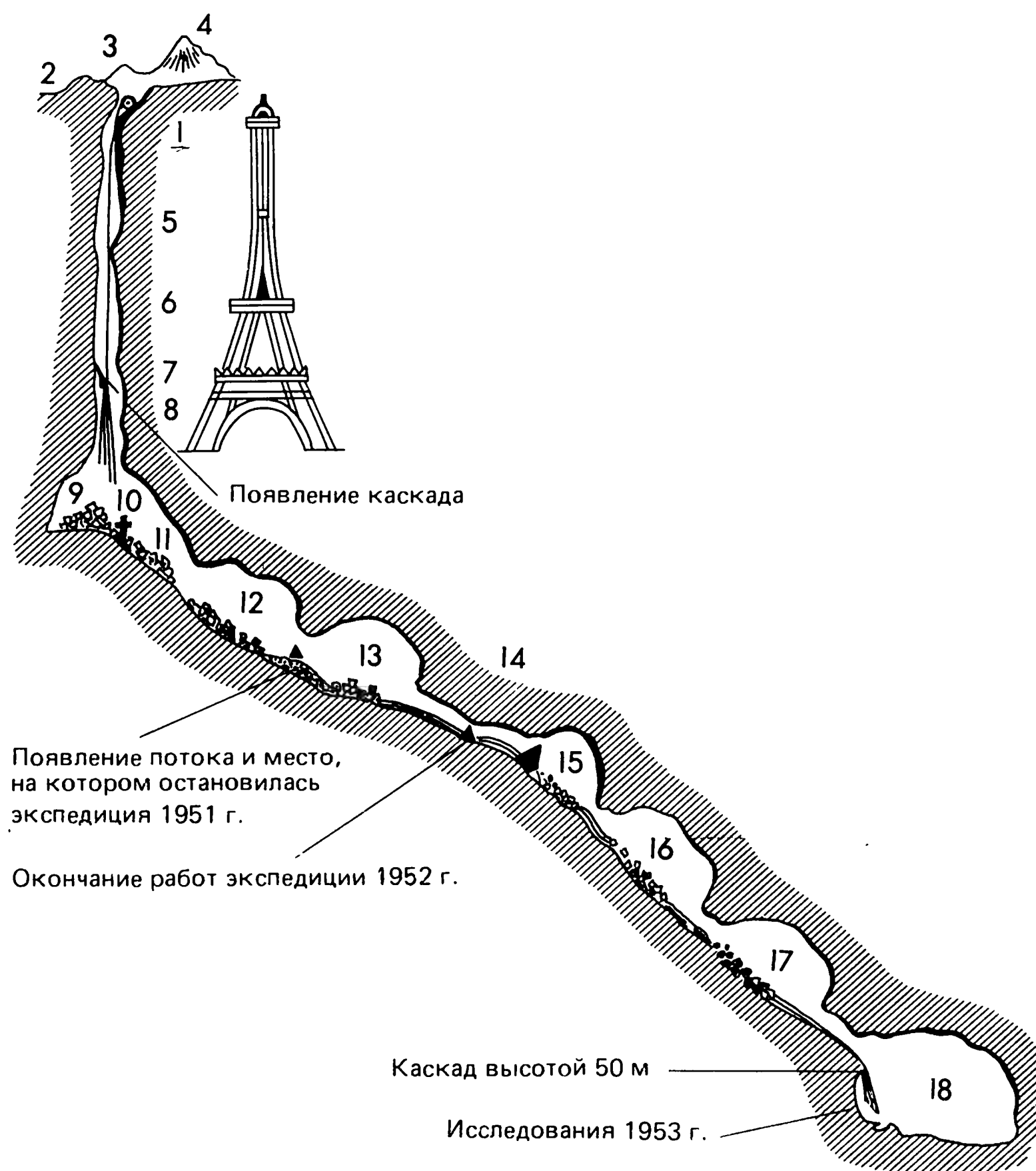
ность и Розточе, находящиеся уже в окраинной части Русской платформы, образованы верхнемеловыми мергелями и известняками. В известняках местами распространены современные карстовые формы. На юго-западе закарстованы миоценовые

источников водотоков, пещерных рек, течение которых не соответствует поверхностной топографии. Замечательны глубокие карстовые пропасти, шахты и пещеры Пиренеев. Ж. Корбель особенно подчеркивает, что на образование крупнейших

карстовых полостей оказывают большое влияние обильные осадки (более 1500 мм в год) и высокая снежность (Corbel, 19596).

Карстовые шахты Пиренеев переходят на глубине в системы горизонтальных или слабо наклоненных пещерных галерей. Такие галереи располагаются несколькими этажами, и в них находятся подземные колодцы. Подземные реки в гидрографически активных пещерных системах часто изобилуют водопадами. Исследование пиренейских пропастей и пещер не обошлось без человеческих жертв. Так, при подъеме из глубочайшей пропасти Пьер-Сен-Мартен в 1952 г. из-за неисправности крепления на конце несущего троса погиб спелеолог Марсель Лубан, а два года спустя в пещере Сигалер утонул в ледяной воде во время паводка, выручая товарищей, сотрудник кинофотогруппы подземной экспедиции Мишель де Донеа.

Пропасть Пьер-Сен-Мартен в Стране Басков, перипетии исследований которой подробно изложены в книгах участников штурма ее глубин (Кастере, 19646; Tazieff, 1959), в основной части представляет собой отвесную шахту, которая через 270 м переходит в свод огромной полости, открывающей наклонную систему галерей, больших залов (зал Верна и др.) и подземных колодцев. В одну сторону эта система продолжается от самого верхнего входа (по вертикали) на глубину 1350 м. Это вторая по глубине из исследованных карстовых полостей мира. Она располагается на границе Франции и Испании и имеет суммарную длину 32,6 км. В Пиренеях есть еще пропасти глубже 900 м (см. прилож. № 2). Сложностью подземной топографии и обилием входных шахт выделяется система Тромба (в Верхней Гаронне), имеющая 54 км суммарной длины и глубину 1018 м, а в соседней системе



79. Схематический разрез пропасти Пьер-Сен-Мартен, составленный после исследований 1953 г. По Н. Кастере (19646).

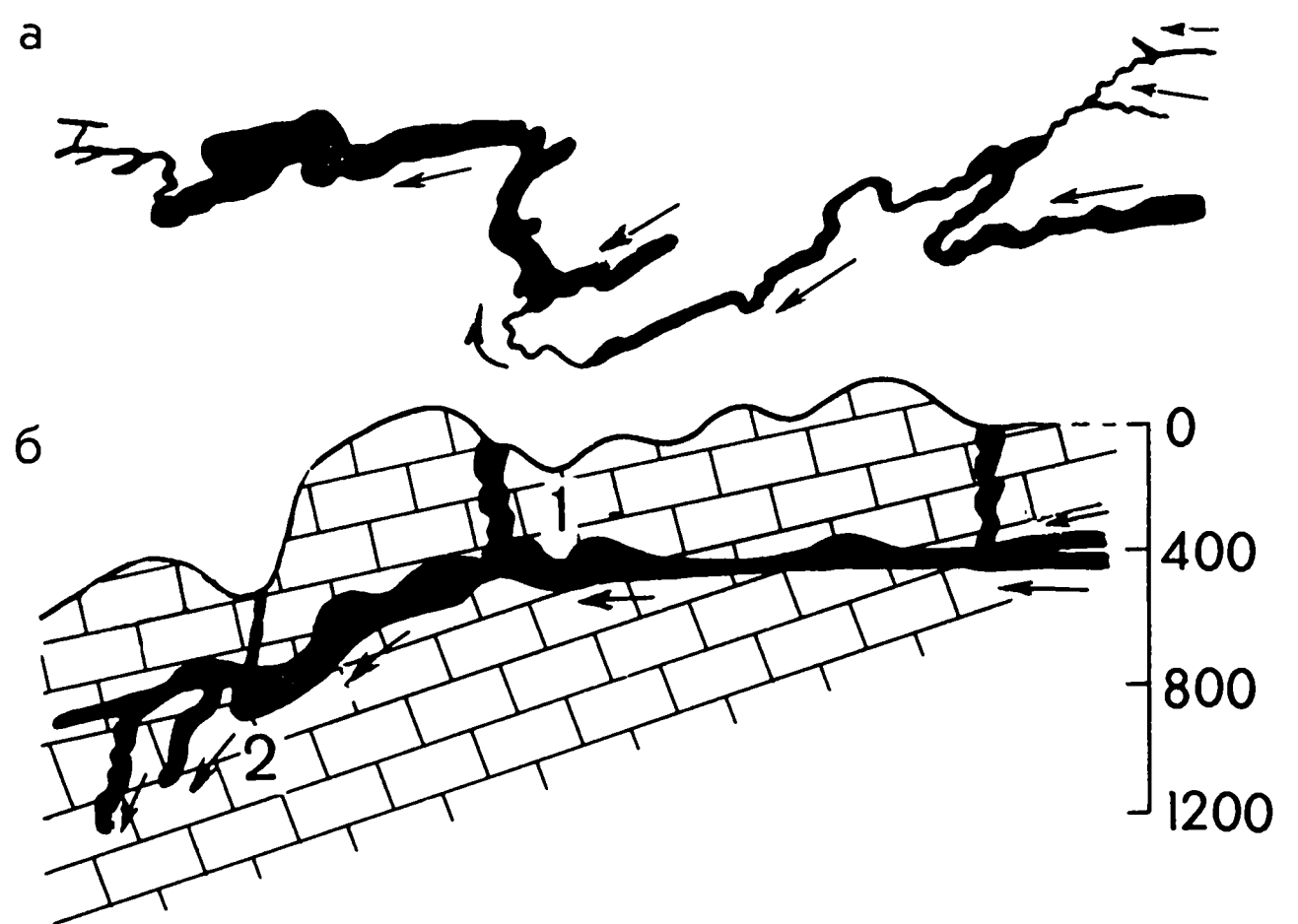
Эйфелевой башне соответствует только глубина Большого колодца, ниже вертикальный масштаб увеличен и увеличен сильно в сравнении с горизонтальным. 1 — отверстие пропасти и лебедка, 2 — Сум де Леш, 3 — пик д'Арла (2060 м), 4 — пик д'Ани (2504 м), 5, 6, 7, 8 — Большой вертикальный колодец, 9 — зал Лепине, 10 — место погребения Марселя Лубана, 11 — подземный лагерь, 12 — зал Элизабет Кастере, 13 — зал Лубана, 14 — Метро, 15 — зал Квеффелека, 16 — зал Адели, 17 — зал Шевалье, 18 — зал де ла Верна

Хенн-Морт один только ствол главной шахты достигает глубины 446 м (Кастере, 1964а, б). Общая глубина пропасти Хенн-Морт 552 м. Пещера Сигалер (протяженностью 9,6 км (в Арьеже)) все еще выделяется большим разнообразием и удивительной красотой сталактитов и кристаллических образований из гипса (хотя в значительной части уже уничтоженных) и вместе с тем исключительно трудной доступностью из-за большого количества высоких водопадов с холодной водой (Кастере, 1964б, 1974; Abeele, 1958; Casteret, 1958). Великолепием своего убранства отличается пропасть Эспаррос, в местности Бигорре, среди лесистых пиренейских предгорий. Другой вид пещерных образований — застывшие потоки подземного льда, украшающие пещеры, — можно видеть в массиве Марборе (в Испании, близ границы с Францией) на высоте 2700 м (Кастере, 1964б, 1974).

санные в хорошо известных читателям книгах Н. Кастере. В Пиренеях насчитывается, по данным Н. Кастере (1974), 14 пещер с рисунками доисторического человека.

К системе предгорий Альп относятся карст низкогорий и среднегорий Прованса, где закарстованы преимущественно юрские и меловые известняки и доломиты, образующие главным образом сравнительно пологие складчатые структуры. Здесь распространены карры, воронки, провалы, поля, поноры, останцы, пещеры, пропасти, сухие долины, исчезающие и внезапно появляющиеся из-под земли потоки, подземные реки. Характерны каньоны и глубокие ущелья. Знаменитые ущельеобразные депрессии на Марсельском побережье, уходящие под уровень моря и образующие небольшие бухты, возникли, по мнению Ж. Корбея, за счет развития карстовых процессов в перигляциальных условиях плейстоцена (Cor-

80. Схематическое современное изображение пропасти Пьер-Сен-Мартен. По В. Н. Дублянскому (1977) с уточнениями
а) план, б) разрез:
1 — Большой вертикальный колодец,
2 — зал Верна



В Пиренеях во многих из пещер сохранились следы обитания доисторического человека и образцы древнейшего искусства в виде рисунков на стенах и скульптур: пещера Нио, близ г. Фуа, с рисунками бизонов, кабанов, оленей, каменных козлов и отпечатками ступней человека; грот Портель с "маленькой красной лошадью" и противоборствующими бизонами (Gèze, 1965); пещера Вольпа (в 8 км от Сен-Жирона) с глиняными статуями бизонов, пещеры, опи-

bel, 1956б). Выделяется несколько типов полей разной тектонической структуры. В их формировании большую роль играли ледниковые воды и перигляциальная обстановка плейстоцена. Их эволюция, как и эволюция полей Динарского карста, шла в изменявшихся палеоклиматических условиях, поэтому нельзя говорить ни о едином цикле их развития, ни о том, что они представляют собой зонально обусловленную особенность морфологии. История развития полей,

Прованса и Динарского Карста представляет собой сложную проблему, которую пока не удалось до конца разрешить. Тектонические и другие особенности развития территории, климатическая обстановка и величины стока сильно отличаются друг от друга, в некоторых случаях они даже контрастны, как, например, в среднеразвитом карсте Прованса и карсте Черногории с гипертрофированной интенсивностью развития (Нико, 1970). В княжестве Монако имеется оборудованная для посещения туристов сталактитовая пещера-шахта (Бяков, 1964).

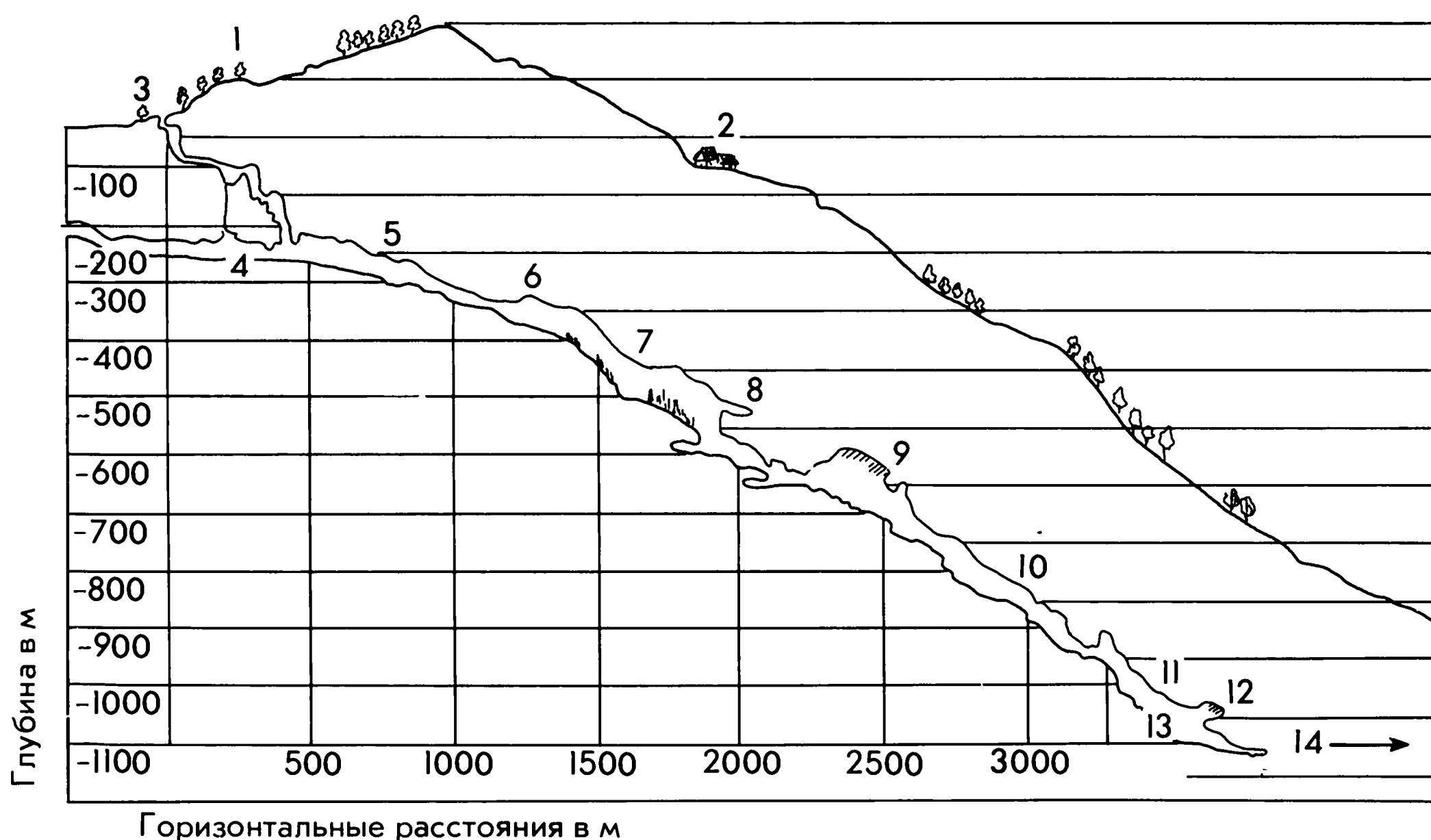
В примыкающей к районам Прованса и Приморских Альп части Средиземного моря имеются субмаринные источники. Между городами Марселем и Касси в небольшой бухте Пор-Миу на глубине 20 м есть источник с четырьмя выходами пресной воды на дне моря. Источник на Лазурном берегу около Канн выбивает на глубине 162 м. Немного восточнее, на итальянском побережье около Сан-Ремо, пресные воды выходят на дне моря на глубине 190 м. При выходе на глубине 15 м пресная вода поднимается до поверхности моря, и рыбаки набирают ее в бочонки (Максимович, 1963, 1969). В предисловии к книге М. Сифра (1966) Ж. Буркар пишет о том, как изучали с научно-исследовательского судна "Инженер Эли Монье" устья подземных рек близ Ниццы, впадающих в море на глубине до 2000 м.

К известняковым закарстованным массивам Предальп относятся *Гран-Шартрёз*, между Шамбери и Греноблем (из верхнеюрских и нижнемеловых известняков), с огромной пещерной системой Дан-де-Кроль (Тру-дю-Гляз), имеющей общую протяженность 35,6 км и глубину 623 м, а также *Веркор* (Corbel, 1956a) — главный карстовый район в Предальпах. В нем закарстован наибольший во Франции известняковый блок, площадью около 1000 кв. км, из нижнемеловых (ургонских) известняков мощностью свыше 400 м. Пропась Берже на испещренном каррами плато Сорнен значительно глубже (1148 м); ее "Большая Галерея" выработана по наложению наклонен-

ных известняковых пластов в основном на контакте с некарстующимся ложем (Corbel, 1959b; Gèze, 1965; Kowalski, 1959; Kuczyński, 1972). Большой протяженностью отличаются подземные реки Веркора. Вход в пещеру Бурниён с подземной рекой имеет вид арки более чем стометровой высоты и, вероятно, он самый высокий в мире. Карры в Веркоре достигают 10 м глубины и 3—4 м ширины (Corbel, 1956a). Ж. Корбель (1959b) отмечает, что в названных районах Предальп с огромными карстовыми полостями, как и в Пиренеях, на развитие карста оказывают влияние большое количество осадков (свыше 1500 мм за год) и высокая снежность (продолжительность залегания снежного покрова более 4 месяцев, высота до 7,8 м в Шартрёзе, считающемся наиболее снежным районом Франции).

Южнее расположены известняковые массивы Диуа, Баронье, Мон-Ванту, *Воклюз-Плато*, у подножия которого, в 22 км восточнее Авиньона, выбивает знаменитый источник Воклюз, дающий начало р. Сорг. Его средний расход близок к 30 куб. м/сек, а максимальный — свыше 150 куб. м/сек — считается большим, чем у любого другого карстового источника мира. Однако у источников Мчишта в Абхазии и Люта в Югославии максимальный расход выше (более 200 куб. м/сек и 170 куб. м/сек).

Французская Юра (в строении дугообразных складчатых структур ее участвуют юрские и отчасти нижнемеловые известняки, образующие антиклинальные гребни, плато и отвесные обрывы) характеризуется карстовыми формами в виде замкнутых впадин, воронок, маленьких полей, сухих долин, пещер и карстовых шахт, встречаются (преимущественно на юге) карры. Часто исчезают реки, которые затем бурно вырываются из-под земли на поверхность. Северо-западной части Юры свойственны обширные закарстованные каменные плато, пересекаемые реками в узких каньонообразных долинах. В Швейцарской Юре также распространены пещеры, пропасти, поноры, исчезающие водотоки, карстовые



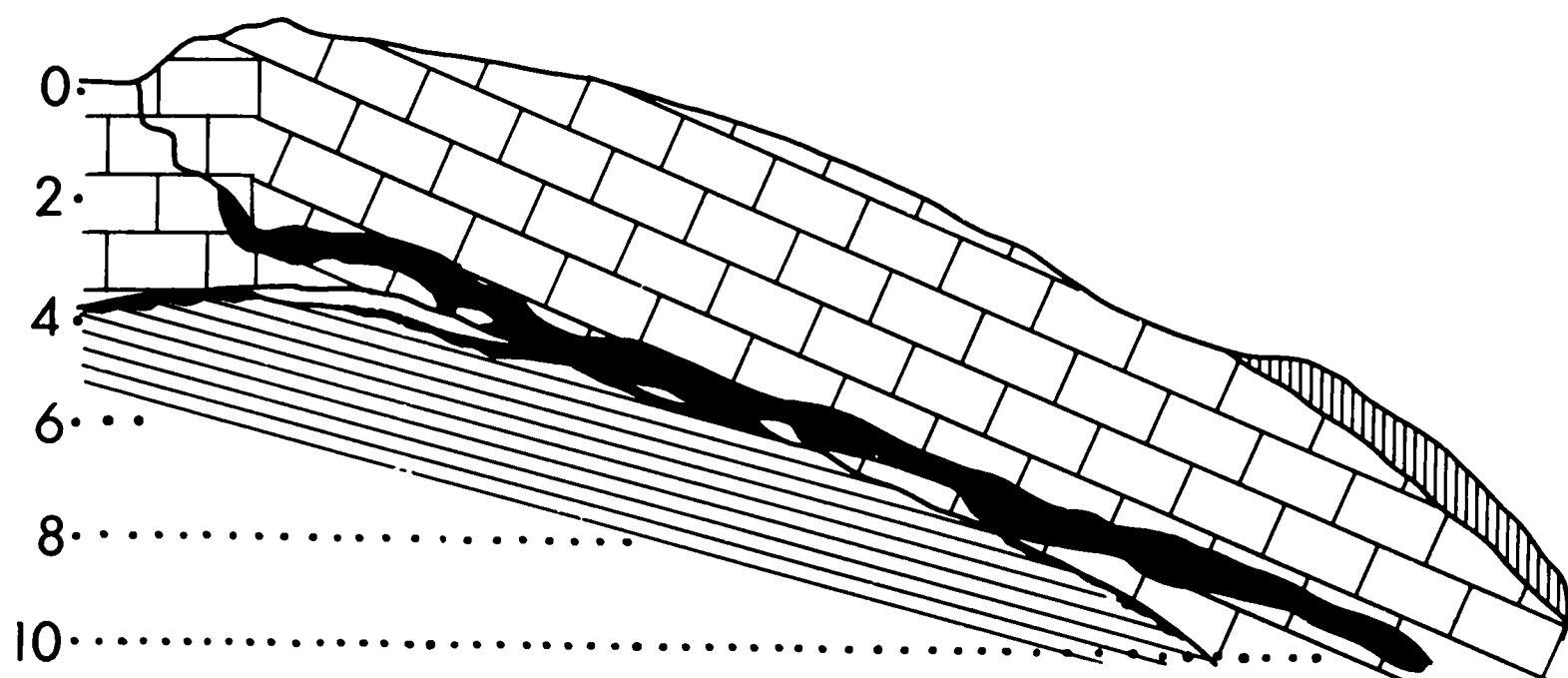
81. Разрез пропасти Берже, по М. Эйма.

Из кн. Б. Жеза (1965)

1 — карровое поле Сорнена, 2 — хижины Сорнен, 3 — вход, 1453 м, 4 — Илистая система, 5 — Большая галерея, 6 — зал Буржена, 7 — Большие обвалы, 8 — зал 13-ти, 9 — Реки без звезд, 10 — Большой каньон, 11 — Ураган, 12 — слияние, 13 — сифон, 14 — к Сассенажу

82. Схематический разрез пропасти Берже с геологическим профилем. По Ж. Корбелю (1959)

Кирпичной кладкой обозначены известняки, косой штриховкой — некарстующееся ложе. Цифры глубины даны в сотнях метров



источники и озера, воронки, местами карры. Карстовая шахта Нидленлох в районе Золотурна достигает почти четырехсотметровой глубины (394 м — Trombe, 1952), а пропасть Пти-Пре — 426 м (Droppa, 1975). Й. Цвийич (Cvijić, 1960) рассматривает карст Юры в качестве одного из переходных типов между холокарстом, т.е. совершенным, полным карстом, и ме-рокарстом, т.е. несовершенным, неполным (другим переходным типом он считает карст плато Кос).

Приморские Альпы, занимающие крайний юго-восток Франции и продолжающиеся в Италию, составляют южную часть известняко-вых Альп, где имеется много пропа-

стей, в том числе Пиаджа-Белла на плато Маргуарейс. Она находится на итальянской территории, у границы с Францией, и представляет собой сложную систему, в которую кроме основной пропасти, 640-метровой глубины (заканчивается сифоном), входят еще пропасти Жан-Нуар и Каракас (Hirman, 1976; Siffre, 1975). Длина системы Пиаджа-Белла около 14 км. В этом районе с помощью обнаружения запущенного в воду флуоресцеина активированным углем удалось установить источники питания р.Пезио (одного из главных притоков р.По), оказавшиеся во Франции, а не в Италии, как предполагалось. На плато Маргуарейс есть



83. В глубине системы Пиаджа-Белла

и другие глубокие пропасти (Каппа — 662 м и три пропасти глубже 500 м). Его поверхность на высотах более 2000 м изобилует каррами, воронками и полостями со снегом. В пропасти Скарассон с подземным ледником М. Сифр осуществил эксперимент — добровольное заточение на дне карстовой полости (Сифр, 1966). В пропастях Оливье и Виньерон массива Одиберг, в 80 км северо-западнее Ниццы, подобные эксперименты были продолжены.

В Альпах, как и в области Большого Кавказа, карстовые районы окаймляют высокогорье с горно-

ледниковым рельефом. В ряде мест закарстованные хребты и массивы, преимущественно известняковые, достигают значительной высоты, карстовый рельеф сочетается здесь с ледниковым, что характерно и для Большого Кавказа.

Располагающиеся к северо-западу от Приморских Альп и далее к северу известняковые массивы Французских Альп — Деволуи, плато Пармелан и Дезер — обрамляют с запада альпийское ледниковое высокогорье. Начало их исследования приходится на 20-е годы нашего столетия. Препятствием к изучению подземных

форм карста была закрытость карстовых шахт — "шурэнов" ледниками и подземными скоплениями лавинного снега. В 1924 г. стали известными уже сотни таких "шурэнов", некоторые частично удалось исследовать. К настоящему времени в известняковых Французских Альпах и Предальпах помимо упоминавшихся пропасти Берже и пещерной системы Дан-де-Кроль известен десяток пропастей глубже 500 м, в том числе глубочайшая пропасть мира — Жан-Бернар (1410 м), находящаяся в Савойских Альпах (Верхняя Савойя).

В местности *Деволли* со средней высотой 1600 м закарстованы верхнемеловые и неокомские известняки, образующие синклиналичную структуру и налегающие на верхнеюрские известняки. Пропасти и трещинные колодцы поглощают дождевые и талые снеговые воды. Часто встречаются сухие долины, на приподнятых массивах — "шурэны" и небольшие подземные ледники. В округе Гап на высоте 2200—2400 м в юрских известняках особенно эффектны трещинные карры со снегом (до 12 м шириной и более 25 м глубиной), образующие правильную сеть.

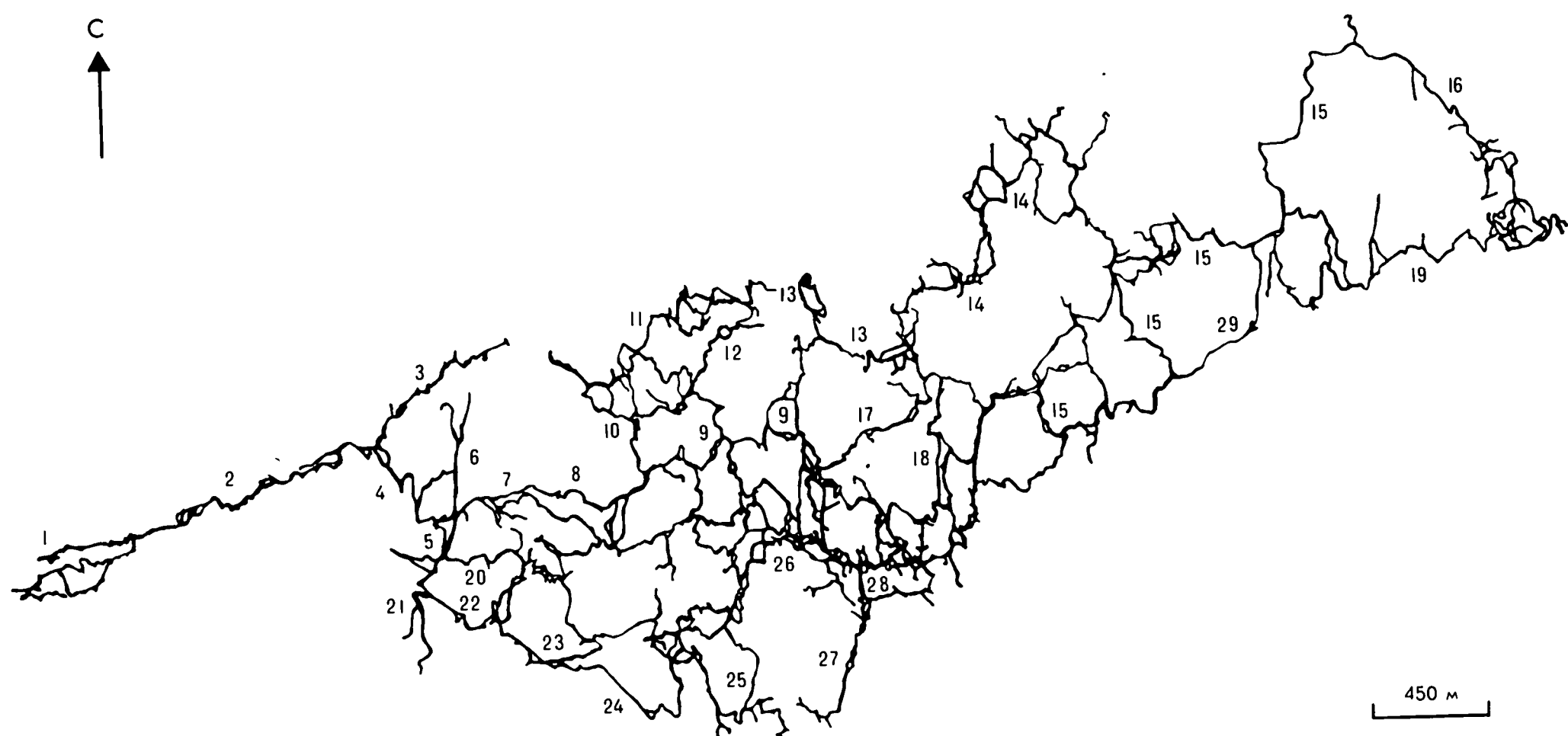
Плато *Пармелан* в Савойе, восточнее Аннеси (средняя высота 1700 м), также известно каррами со снежными колодцами и поглощениями талых снеговых вод. Поверхностные формы голого карста — карры, которыми изборозжены борта воронок и карстовых шахт, а также карстовые останцы, трещинные рвы (с рядами колодцев или воронок), по данным А.Шоллея, особенно развиты в сводах антиклиналей и тесно связаны с системами трещиноватости нижнемеловых (ургонских) известняков. На развитие карста большое влияние оказали оледенение и процессы нивации. На плато *Дезер* (средняя высота 2500 м) закарстованы известняки эоцена.

В известняковых Швейцарских Альпах, образующих западную часть северного обрамления ледникового высокогорья, к востоку от Женевского озера с запада-юго-запада на восток-северо-восток протягивается полоса известняковых массивов с высокогорным карстом. Начинается она

массивом *Дьяблере*, где в условиях складчатой и надвиговой (шарьяжной) структуры на поверхность выходят нижнемеловые (ургонские) известняки, преобладающие по высоте своего положения в рельефе. В год здесь выпадает свыше 2000 мм осадков, причем большая часть их — снегопады, меньшее количество дней бывает с дождем. В районе Дьяблере, у пер. Санеч и севернее на местах отступивших с конца XVIII в. ледников распространены карры, развивающиеся и в настоящее время у фронта ледника. Площадям трещинных карров на полого наклоненных поверхностях соответствуют пространства голого высокогорного карста. Имеются карстовые шахты и пропасти более 100 и 200 м глубиной, полости со снегом и льдом, пещеры (Corbel, 19576).

Для высокогорного карста Швейцарских Альп характерно совместное действие карстовых и гляциальных формообразующих процессов (Int. Spel.— 73. II: A. Bögli).

В бассейне р. *Муота* закарстованы нижнемеловые (ургон) и верхнеюрские известняки. На плато Меренберг классически выражен ледниково-карстовый рельеф в виде голых поверхностей (из верхнеюрских известняков) слоисто-лестничного карста (*Schichttreppenkarst*), ступени которого испещрены трещинными каррами. Глубина их достигает 15 м, ширина — 3 м (Bögli, 1964). Каррами в бассейне Муота испещрены и поверхности из ургонских известняков. В долине Муота находится одна из крупнейших в Европе и третья по суммарной длине пещера мира — Хёллох (135 км) глубиной 828 м (Bögli, 1970; Corbel, 19576; Gèze, 1968). Пещера сформировалась во фреатических условиях, т. е. под действием напорных вод. В ней типично выражены формы, образованные коррозией смешивания. Характерно эллиптическое поперечное сечение ходов с длинной осью, ориентированной по наложению, и имеются полости коррозионного размыва — *Korrosionsskolke* (см. Гвоздецкий, 1972). Карст долины Муота и пещерная система Хёллох формировались в доледниковое время, а в эпоху оледенения были



84. Пещерная система Хёллох в Швейцарских Альпах.

По А. Бёгли:

1 — вход, 2 — Главный ход, 3 — Оркус, 4 — Озерный ход, 5 — зал Гигантов, 6 — ход Гигантов, 7 — Стикс, 8 — Инномината, 9 — ход Титанов, 10 — Озирисов ход, 11 — Анубис, 12 — ход Воронов, 13 — ход Пасть, 14 — тоннель Щебня, 15 — ход Заца, 16 — галерея Пагод, 17 — ход Бухера, 18 — Загадоч-

ный ход, 19 — Клочок надежды, 20 — ход Эола, 21 — Водный собор, 22 — галерея Куполов, 23 — Небесный ход, 24 — галерея 800 м, 25 — галерея 1001 ночи, 26 — Соединительная черта, 27 — Галечный ход, 28 — Одиночество, 29 — галерея Оцепенения

модифицированы. В районе пещеры помимо карров имеются воронки, исчезающие и подземные реки, карстовые источники.

На северном берегу Тунского озера, северо-западнее Интерлакена, поднимается платообразный массив из нижнемеловых (ургонских) известняков с высшей точкой Гемменальпхорн (2082 м), к востоку от долины Юстисталь носящий название *Беатенберга*. Зде́ст сосредоточены карры, пропасти, подземные водотоки, образующие пещерную реку с притоком и водопадами. Сталактитовая пещера Беатусхёле, выработанная вдоль ее течения, имеет длину 5624 м (Corbel, 1957a; Droppa, 1975).

В Швейцарских Альпах есть и гипсовый карст. По данным А. А. Григорьева, в западной части Бернского Оберланда интенсивно закарстованный участок представляет собой тесно расположенные котлообразные воронки и гипсовые пирамиды.

Особенно широко распространен карст на северном склоне восточной половины Альп — в Северных Известняковых Альпах. Своим краем они заходят на юг ФРГ под названием *Баварские Альпы*,

в которых развит голый карст плато Готтезакер с карровыми полями, воронками, пещерами и т. д. На территории Австрии широкой полосой тянутся известняки и доломиты триаса. Эта полоса простирается от Вадуца (на верхнем Рейне) на восток и заканчивается южнее Вены. В зависимости от характера залегания карбонатных пород здесь поднимаются либо узкие крутосклонные хребты и гребни, либо закарстованные плато с обрывистыми краями (особенно в средней и восточной частях полосы). Хребты и столовые карстовые массивы состоят из мощных толщ известняков, доломитовых известняков и доломитов среднего и верхнего триаса. Поверхность высоко приподнятых массивов безлесна и камениста, что отражено даже в названии одного из плато — "Каменное Море". Климат влажный и довольно суровый. Достигающие большой высоты (2500—3000 м) Северные Известняковые Альпы сопровождаются полосой более низких передовых цепей — Известняковых Предальп, в строении которых помимо триасовых карбонатных пород принимают участие известняки и мергели юры и мела.

На высоких массивах Известняковых Альп сочетаются древнеледниковые и карстовые формы, современные и реликтовые, а также гляциально-нивальные и карстовые процессы. Еще в классических работах Й. Цвийича конца прошлого столетия указывалось, что в Известняковых Альпах (как северной, так и южной зон) имеются карстовые воронки со скоплениями снега, остающимися в течение почти всего года, и подчеркивалась исключительная роль снега и талых снеговых вод в образовании и развитии воронок высокогорного карста. На примере массивов Хохкёниг, Теннен и Дахштейн Ж. Корбель (Corbel, 19576) показал, что оледенение сочетается с реликтовыми формами кегелькарста, сходного с тропическим и сохранившегося предположительно с неогена, т.е. с эпохи теплого климата, которая предшествовала этапу поднятия гор и похолодания. Этот случай — пример консервации древних карстовых форм в условиях оледенения и объясняется слабым растворением известняка под ледником. Правда, Ж. Корбель наглядно продемонстрировал, что формы кегелькарста могут выступать своими вершинами над поверхностью льда. Однако Ф. Бауэр, исследуя тонкие известковые осадки, образовавшиеся под двигавшимся ледником, доказал, что карстовые поля на поверхностях, освободившихся с 1850 г. от ледника, представляют собой реликты карров, возникших под почвенным покровом до 1600 г., т.е. до времени последнего наступления ледника (Baue, 1961). Карры же послеледникового возраста, по данным Ф. Бауэра, образовались как на голой известняковой поверхности, так и под почвой, в результате удаленной.

Массив *Карвендель* к северу от Инсбрука имеет карры, множество воронок, большие карстовые источники. Пещер в нем известно мало. Наоборот, на массивах Хохкёниг, Теннен и Дахштейн помимо реликтовых останцовых форм есть и пещеры, в том числе полости со льдом, и подземные реки (Corbel, 19576). К югу от Зальцбурга, на массиве Хоер-Гёлл, находится пропасть Груберхорнхёле, уходящая на 784 м вглубь от входа.

Ее общая протяженность по вертикали вместе с частью полости, что находится выше входа, составляет 854 м (Speleologia, 1971). Южнее, на массиве *Хохкёниг* с быстро отступающим ледником, в его северной части известна пещера Танталь длиной 30,6 км, а на массиве *Теннен* — пещера Айсризенвельт (42 км, долгое время считалась самой длинной в Европе), с мощными и живописными скоплениями льда в двухкилометровом привходном отрезке (Гвоздецкий, 1954; Gèze, 1965). Массив Теннен в районе пещеры испещрен каррами и изрыт карстовыми шахтами, колодцами и расщелинами, через которые, по данным Э. А. Мартеля, зимой в пещеру проникают холодный воздух и снег. Пропасть Пляттенэ-кайхёле — Бергерхёле имеет глубину 879 м. В массиве *Дахштейн* также есть гигантские пещеры-ледники. Грот Шёнберг представляет собой провал с уходящими вниз и в стороны полостями, в которых находятся подземные ледники (Corbel, 19576). Известная в горах Дахштейна Мамонтова пещера (Дахштейнская Мамонтова — Ёдль) достигает 27,7 км длины. Известняки этого массива, как и других, испещрены разного типа каррами — трещинными, бороздчатыми, желобковыми. Подземный дренаж характеризуется радиальной структурой (Maurin, Zötl, 1960 a).

Расположенный северо-восточнее Дахштейна известняковый массив *Тотес-Гебирге* — крупнейший в Известняковых Альпах — изрыт воронками, колодцами, испещрен каррами. Он имеет полный комплекс форм голого горного карста и радиальный подземный дренаж. Пропасть Раухеркар достигает глубины 725 м.

Речная сеть в Северных Известняковых Альпах разрежена, поверхности карстовых массивов бедны водой. Через массив Шнееальпе (на юго-запад от Вены) из среднетриасовых известняков в 1966—1968 гг. был пробит 10-километровый тоннель, посредством которого, по данным Ф. Бауэра и Й. Цётла, удалось проследить характерные для карста гидродинамические зоны (аэрации, периодического и полного насыщения), а в центральной части массива

неожиданно обнаружить огромную пещеру. Вместе с тем в Северных Известняковых Альпах распространены подземные водотоки, пути которых определялись при помощи окрашивания вод и запусков окрашенных спор плаунов (Maurin, Zötl, 1960a; Zötl, 1961).

В Штирийских Альпах в районе г. Грац, к северу и западу от него, расположен *Среднештирийский Карст*, приуроченный к силурийским и девонским известнякам и доломитам. Карст здесь покрытый (с покровом проницаемого третичного гравия в древних долинах), задернованный и отчасти голый, с каррами. Особенно много воронок, местами они располагаются густо, зачастую цепями. Есть карстовые источники, теряется вода в руслах поверхностных водотоков, многочисленны пещеры. В пещере Лур (длиной 4,5 км — Maurin, Zötl, 1960a), близ деревни Пегау, в 1894 г. из-за вызванного дождями паводка на подземном ручье оказались заточенными на 207 часов (почти 9 суток) семеро спелеологов. Полная драматизма история их вынужденного заключения и спасения описана А. Бёгли (Bögli, 1958). В пещере проводились эксперименты по применению разных методов подземных гидрологических исследований (Batsche, Bauer und and., 1967).

В Южных Альпах на территории Австрии закарстованы известняки верхнего силура, девона и перми (Карнийские Альпы). В других районах, в том числе в наиболее значительном карстовом массиве — Вилахерские Альпы, карстовые процессы развиты в известняках и доломитах триаса; распространены воронки, карры, пещеры (в Вилахерских Альпах известно 90 пещер).

В Южных Альпах на территории Италии также широко распространены карбонатные породы — средне- и верхнетриасовые известняки и доломиты, юрские и меловые известняки, карстуются также гипсы и ангидриты перми и триаса. Здесь выпадают обильные атмосферные осадки (местами более 3000 мм в год), что способствует интенсивному развитию карста. Распространены типичные для голого горного карста

карры, воронки, котловины типа у́вала, колодцы, пещеры. В высокогорье карстовые процессы и формы сочетаются с ледниковыми. Воронки встречаются на дне ледниковых цирков. Многочисленны карстовые пропасти, среди них и Сплюга-делля-Прета (на север от Вероны), достигающая 878 м глубины (Actes..., 1968: C. Balbiano d'Aramengo).

Один из карстовых районов восточной части известняковых Южных Альп, относящийся к Венецианским Предальпам, изображен на листе 2 Международного атласа карстовых явлений (1960 г.). Здесь закарстованы образующие пологие складки меловые и отчасти эоценовые известняки, в которых множество карстовых воронок, котловин (у́вала), и распространены карры, в том числе под пологом леса. Имеются поля с ровным дном, выстланным элювием, аллювием и пр. (здесь покрытый карст), и облесенными бортами. Господствует частично задернованный (и облесенный) и голый карст. В расположенных северо-западнее и севернее *Доломитовых Альпах* большой известностью пользуются башнеобразные формы выветривания, образовавшиеся, вероятно, не без участия процессов растворения доломитовых скал.

Севернее Венецианского залива Адриатического моря известняковые Южные Альпы соединяются с Юлийскими Альпами, составляющими последнее юго-восточное звено альпийской системы, которое начинается в Италии и продолжается в Югославии. В них также развит горный известняковый и отчасти доломитовый карст. В Юлийских Альпах на территории Италии известны глубокие пропасти (Микеле-Гортани, 920 м; Эмилио-Комичи, 774 м; Энрико-Даванзо, 737 м; Цезаре-През, 654 м; Эудженио-Бозган, 624 м; пещера Нуова-ди-Виллянова (3665 м длиной и 260 м глубиной) (Hirpan, 1976), а в Югославии, на южной окраине Юлийских Альп, открыта вторая по длине (10 300 м) и глубине (685 м) из югославских пещер — Полошка Яма (Gams, 1974; Habič, 1970b). Недавно (1979 г.) здесь в пропасти Брежно при Гамсови главицы обнаружена



85. Башнеобразные формы выветривания в Доломитовых Альпах

глубина 760 м, и пропасть эта заняла в Югославии первое место (Naše jame, 20, 1979). Поверхностные формы карста Юлийских Альп зависят от топографических и геологических условий (Kunaver, 1971), в которых они развиваются. Обнаженные триасовые известняки изборозжены каррами, поверхность изрыта воронками со снегом, осложнена пологими депрессиями. Характерны колодцы, пропасти и вертикальные пещеры со снегом и льдом (Горбунова, 1970). Особенно типичны карры на массиве Триглав (Gams, 1974).

Карпаты и Среднедунайский бассейн. Эта область включает многие карстовые районы Чехословакии, Польши, Венгрии и Румынии. В Западных Карпатах находятся карстовые районы Словакии, составляющие большую часть площадей распространения карста в ЧССР (Кригер, 1953; Максимович, 1959; Хабера, 1957; Janáčik, 1968). Геологические условия развития карста неодинаковы в разных тектонических зонах. Во

внешних Карпатах карст развит в биогенных известняках юры, имеющих небольшую мощность, но отличающихся чистотой химического состава. Здесь распространен только поверхностный карст. В зоне клиппенов, которая протягивается между внешними и внутренними Карпатами вдоль всех Западных Карпат в виде пояса шириной 5—50 км, карстующиеся породы представлены отдельными блоками известняков, большей частью юрского возраста. Наиболее благоприятны условия для развития карста во внутренних Карпатах¹, где в основном закарстованы породы известняково-доломитового комплекса триаса. Во внутренних Карпатах (на меридиане Татр они распространены во всю ширину страны) выделяют несколько тектонических единиц, каждая из которых имеет кристаллическое основание и деформиро-

¹ Такое деление принято в ЧССР. Советские исследователи в этой зоне различают два пояса — центральный и внутренний.



86. Зона клиппенов в Чехословакии. Клиппен с напоминающими останцы скалами у селения Червены Камень. Фото Н. А. Гвоздецкого

87. Клиппен Врштатец. Фото Н. А. Гвоздецкого

88. Известняковые скалы клиппена Врштатец. Фото Н. А. Гвоздецкого



ванный альпийскими движениями осадочный чехол. Участкам этого чехла и соответствуют основные карстовые районы Словакии.

П. Яначик (Janáček, 1968) выделяет здесь около 140 районов, объединяемых в более крупные подразделения. Многие районы представлены высокогорным карстом, и их геоморфологические особенности в значительной мере объясняются плейстоценовым оледенением. Выделяют (Й. Быстрицкий, Э. Мазур, Й. Йакал) зоны — умеренную центральноевропейского карста и альпийскую (высокогорную). К первой зоне относится тип карстовых плато с "полным", "завершенным" карстом, характеризующимся большой мощностью и протяженностью карстующихся пород, их высокой чистотой, относительно плоским рельефом, глубокими каньонами, большим количеством поверхностных карстовых форм (воронок, провалов, котловин) и пещер (примеры — Словацкий Карст, Муранское

плато; вероятно, сюда, а не к следующему типу нужно отнести и Златинский Карст в Страховском низкогорье — Droppa, 1972в). К этой же зоне относится тип расчлененного "неполного", "несовершенного" карста с рядом подтипов, выделяемых в зависимости от структурно-морфологических особенностей: моноклиналильных гребней, горстов и массивов со сбросово-складчатой структурой (для обоих этих подтипов более характерны подземные формы карста, чем поверхностные). Сюда включают и покрытый карст тектонических депрессий, который развивается в карбонатных породах с плащом рыхлых неогеновых и четвертичных отложений (распространены как наземные формы, главным образом в виде воронок просасывания, так и подземные). Третьим типом этой зоны является спорадический карст в поясе клиппенов (с каррами, воронками, сухими долинами, нишами и небольшими пещерами). Альпийский

карст развит на высотах более 1400 м, характеризуется разными типами карров, мелкими провалами, богазами, сухими долинами — трогами, карстовыми колодцами, шахтами, пещерами, понорами и источниками (А. Дроппа).

В связи с невозможностью дать краткий обзор даже основных карстовых районов и объектов Словакии остановимся только на некоторых.

В зоне клиппенов нами был посещен район к северо-западу от Илавской котловины в долине Вага. На клиппене Вршатец закарстованы трещины. Они служат проходами, которые вместе с отвесными известняковыми скалами и каменной кладкой крепости Град Вршатец (руины на гребне клиппена) создают единый ансамбль. На этом же клиппене и на склоне клиппена у селения Червены Камень некоторые утесы напоминают своей формой моготе. Карстовые явления в зоне клиппенов встречены и восточнее, на левобережье Вага, в Манинской и Костелецкой теснинах. В эпигенетическом ущелье между лесистыми клиппенами Велки Манин и Малы Манин есть карстовый источник. Само ущелье представляет собой узкую известняковую теснину с ручьем, выше по течению которого находится еще каньон — Костелецкая теснина, рассекающая антиклинальную известняковую гряду. В обрыве кань-

она, называемом Гаврания Скала, находится громадная карстовая ниша с навесом (ил. 89), расщеченная трещиной, параллельной обрыву.

В гряде *Малые Карпаты*, простирающейся севернее Братиславы, находится сталактитовая пещера Дрины, возле которой известняковый массив (тут юрские, а не триасовые известняки) разбит вертикально и круто наклоненными корродированными трещинами. По ним преимущественно и развиты пещерные полости. Пещера представляет собой не очень большой по суммарной длине (636 м) лабиринт (Droppa, 1973; Skřivánek, Rubín, 1973). Несколько пещерных полостей, украшенных сталактитами, сталагмитами, сталагнами (один в форме слона, упершегося в потолок хоботом), кораллитами, балдахинами, занавесями, драпировками, каменными водопадами, гурами, соединены искусственными ходами. Интересен наклонный ребристый сталагмит — "Пизанская башня", на котором вырос небольшой вертикальный сталагмит, рядом с ним стоит высокий сталагмит, который звенит при ударе палочкой.

Эффектны скалистые доломитовые горы — вершины *Малой Фатры* и доломитовые утесы в ее долинах в виде узких и высоких останцов. В доломиты врезана узкая теснина — Яношикове Дъери — щель с бегущим по дну ручьем. Такие теснины

89. Гаврания Скала с громадной карстовой нишей в зоне клиппенов (Словакия).



Фото Н. А. Гвоздецкого



90. Пещера Дрины в гряде Малые Карпаты. Слева сталагнат в форме слона, упершегося хоботом в потолок.

Фото Музея Словацкого Карста

в доломитах не чисто эрозионного происхождения, они возникли при совместном действии растворения и размыва (см. Гвоздецкий, 1954, 1972). В *Низких Татрах* живописна Вернарская теснина, выработанная Вернарским потоком.

Знаменитые Деменовские пещеры расположены в южном горном обрамлении Липтовской котловины, образованном Низкими Татрами (Droppa, 1972a, 1973; Skřivánek, Rubín, 1973). Пещера Свободы, общая длина которой вместе с пещерой Пуста около 9 км, имеет несколько этажей

(А. Дроппа насчитывает девять), связанных к террасам р. Деменовки и р. Ваг в Липтовской котловине. Зал Большой Собор высотой 48 м — самый высокий в Чехословакии. Проходы и залы пещеры изобилуют сталактитами, сталагмитами (часто в виде "минаретов"), сталагнатами, ребристыми натеками, "водопадами" из травертина; встречаются каменные занавеси, эксцентричные сталактиты, пещерный жемчуг, лунное молоко. В нижнем этаже протекает р. Деменовка с подземными озерами. Деменовская "Ледяная пещера" — пещера-

91. В Деменовской пещере Свободы.
Фото Музея Словацкого Карста



92. Добшинская пещера-ледник.



Фото Музея Словацкого Карста

ледник (Дроппа, 1964) и интересна своими ледяными образованиями — сталагмитами, колоннами. В ходе Медвежий обнаружены кости пещерных медведей. Особенно изобилует скоплениями льда Добшинская пещера-ледник в примыкающем с востока к Низким Татрам Словацком Рае. Длина ее 1386 м (Дроппа, 1964; Droppa, 1973; Jakal, 1971; Skřivánek, Rubín, 1973). В ней громадные "водопады" из льда (один назван Ниагарским). В скоплениях льда есть тоннели и проходы с деревянными лестницами для перехода из одного

93. Деменовская пещера-ледник.
Фото Музея Словацкого Карста



зала в другой. Всюду великолепные и разнообразные формы накопления льда. В долине р. Гнилец близ пещеры поднимается реликтовый известняковый останец, сходный с моготе тропического карста (ил. 94).

В Словацком Рае известняки сохранились в синклинальной депрессии и образуют низкогорное карстовое плато. Оно примыкает к северной



94. Известняковый останец в долине р. Гнилец близ Добшинской пещеры.
Фото Н. А. Гвоздецкого

окраине Словацкого Рудогорья, где также встречаются карстовые воронки. Немного южнее, у края Муранского плато, они попадают не только в известняках, но и в ангидритах.

Муранское плато (Mitter, 1975; Šišák, 1974) вклинивается в Словацкое Рудогорье к югу от восточной оконечности Низких Татр. С краев оно ограничено крутыми склонами, высотой 200—700 м. В литературе отмечается многообразие развитых на нем поверхностных и подземных форм карста в известняках и доломитах триаса. При ознакомлении с этим плато нам бросилась в глаза его большая (особенно в сравнении с Словацким Карстом) задернованность и облесенность. Крупные вытянутые котловины в виде пологих депрессий пересекают ровную поверхность плато (ил. 95).



95. Карстовая котловина на Муранском плато.
Фото Н. А. Гвоздецкого

Охтинская арагонитовая пещера — сравнительно небольшая (около 300 м длиной), находится в Словацком Рудогорье к западу от Рожнявы, выработана в известняках кембросилура (Droppa, 1973; Homza, Rajman, Roda, 1970; Skřivánek, Rubín, 1973). Она замечательна изобилием снежно-белых арагонитовых образо-

ваний в виде цветов, ежей, червеобразных сплетений, кораллов, гроздьев, кустиков, трав, водорослей. Полоса арагонитовых образований на потолке одного зала носит название Млечный Путь. Арагонитовые образования нарастают за 5 лет на 0,5 см.

Беланска пещера в Беланских Татрах — пример образования высокогорного карста. Длина ее около 1750 м (Droppa, 1973; Skřivánek, Rubín, 1973). Интересны высокий (70 м) травертиновый "водопад", Пальмовый и Музыкальный залы с озерами и сталагмитами-пагодами.

Нам удалось ознакомиться и с известняковыми карстовыми районами Западных Татр, находящимися на территории Польши, — Косьцелиской долиной с карстовым источником Ледяным (Лёдове Жрудло), долинами Ментуся и Мала Лонка. Источник Ледяной имеет подземную гидрографическую связь с пещерой-пропастью Снежна, находящейся на северном



96. Арагонитовые образования в Охтинской пещере.
Фото Музея Словацкого Карста



97. Сталагмит-пагода в Беланской пещере.
Фото Музея Словацкого Карста



98. Верховье долины Мала Лонка в известняковых Западных Татрах (Польша).
Фото Н. А. Гвоздецкого

склоне массива Червоне Верхи, в самом верхнем древнеледниковом цирке верховья долины Мала Лонка. Пещера Снежна, вход в которую расположен на абс. высоте 1700 м (глубина 783 м), является самой глубокой карстовой полостью Польши (Speleologia, 1967, 1975). В верховье долины Мала Лонка (ил. 98) мы поднялись до высоты 1450 м, выше границы лесной зоны, где наблюдали различного типа карры в известняках (с округлыми ребрами, бороздчатые). В известняковых Западных Татрах Польши известно много пещер (Kowalski, 1953). Пещера Ментуся имеет длину 8 км, Черная пещера — 5,4 км, Банджох — 5 км, Зимная пещера — около 3 км. Верхние этажи пещер возникли в неогене в условиях субтропического климата, нижние — в плейстоцене и голоцене (Вуйчик, 1964). Карстуются триасовые известняки и доломиты, а также юрские и нижнемеловые карбонатные породы. По свидетельству К. Ковальского (1953), на участках распространения доломитов пещеры и карстовые впадины отсутствуют, но отчетливо выражена карстовая гидрография. Все же источники в известняках более водообильны, чем в до-

ломитах (Wit, Ziemońska, 1960).

На границе Чехословакии и Венгрии лежит район *Словацкого Карста*, образованного преимущественно среднетриасовыми известняками. Его чехословацкая часть считается самым крупным и наиболее типичным карстовым районом ЧССР (Mazur a kol., 1973). Она состоит из нескольких плато, разделенных глубокими каньонами: Кониар, Плешивец, Силицкое, Ясовское. Живописен Задельский каньон, представляющий собой глубокое известняковое ущелье с ручьем, отвесными и заостренными вверху скалами, деревьями и кустарниками на крутых откосах. Наибольшей закарстованностью и наименьшей густотой речной сети отличается Силицкое плато (Šišák, 1974; Jakal, 1975). На его вершинной поверхности распространен каменисто-лугостепной кустарниковый карстовый ландшафт (полузадернованный карст), изобилующий крупными (до 2,5 км длиной и 50 м глубиной) и мелкими котловинами, воронками (глубиной до 30 м; плотность их, по литературным данным, около 80 на 1 кв. км). На Силицком плато находится пропасть Бразда (Бараздалаж) — 205 м. Из других



99. В Гомбасецкой пещере.
Фото Музея Словацкого Карста

100. В пещере Домица.
Фото Музея Словацкого Карста

пропастей известна Силицка Лядница (Силицкий ледник) — 79 м (Дроппа, 1964; Skřivánek, Rubín, 1973). Карстовых шахт и колодцев много на плато Плешивец, где отмечены также реликтовые формы кегелькарста (Actes..., 1968: F. Skřivánek).

Пещеры Словацкого Карста удивительны по своим размерам, их отличает сказочное убранство. Гомбасецкая пещера в долине р. Сланы славится длинными пустотелыми трубчатыми сталактитами ("брчка"), которые в зале Мира достигают длины 3 м. Исключительным богатством и разнообразием натечно-капельных образований известна пещера Домица в южной части Силицкого плато у венгерской границы (Дроппа, 1972б). Особенно оригинальны бубны — округлые, косо припаянные к стенам травертиновые диски со свешивающейся по краям "бахромой" сталактитов. Самые красивые залы — Майков, Индийских пагод, Джунгли, Японская чайная комната. Русло р. Стикс, текущей в венгерскую часть пещеры — Барадла, было безводным при нашем посещении пещеры осенью 1973 г. Пещера Домица и ее венгерское продолжение — Барадла служили местом обитания неолитического человека. Общая система пещер Домица — Барадла достигает 25 км длины, из которых немногим более 5 км приходится на словацкую часть.

Мы посетили (1973, 1978 гг.) венгерскую часть пещеры со стороны Аггтелека (эта часть известна не только под названием Барадла, но



и как Аггтелекская пещера — Михайлов, 1969; Jakucs, 1975), где в большом Концертном зале на аггтелекском участке прослушали программу органной музыки, сопровождавшуюся световыми эффектами. Зал обладает прекрасной акустикой, его потолок украшают сталактиты. Но изумительные по красоте форм натечно-капельные образования аггтелекской части пещеры имеют следы копоти от факелов, которые прежде применялись для освещения пещеры. Затем

мы прошли в длинный пещерный тоннель на продолжении течения р. Стикс, открывающийся у Йошвафе, где нас особенно поразили тысячетонный сталагмит Обсерватория (28 м высотой) в одном из очень высоких залов, а также громадный зал Великанов с хаосом обвалившихся глыб, сталагмитов и "минаретов". В пещере работает биоспелеологическая научно-исследовательская станция, которая зарегистрировала здесь свыше 270 видов животных.

Нам удалось осмотреть также крайние залы пещеры Мира (8,7 км длиной; об ее открытии см.: Якуч, 1963), где оборудован санаторий для больных, страдающих астмой, и кило-

метровую пещеру Вашш Имре — один из объектов здешней исследовательской станции. В районе Аггтелекского Карста Венгрии развиты поверхностные карстовые формы. Это карры (ил. 102), воронки, котловины, поноры. Здесь еще есть ряд других больших пещер (Михайлов, 1969; Jakucs, 1975), известны также реликтовые формы тропического кегелькарста (Jakucs, 1968).

Венгерскую часть Словацкого Карста, которую прежде называли Гёмёр-Торн, а теперь чаще — Аггтелекским Карстом, объединяют в один карстовый регион Северо-Венгерского нагорья (Jakucs, 1977a), или Северо-Восточной нагорной области

101. Известняковая скала у входа в пещеру Барадла (Венгрия).



Фото Н. А. Гвоздецкого



102. Карры в районе Аггтелека.
Фото Н. А. Гвоздецкого

Венгрии, вместе с горами Бюкк. Эти горы, расположенные к западу от Мишкольца, относятся к внутренней зоне Карпат и, подобно Словацкому Карсту, почти целиком сложены триасовыми известняками. Основная часть гор представляет собой обширное известняковое плато. Поверхность его изъедена карстом, отчасти замаскированным лесной растительностью. Цепями, группами и в одиночку попадаются многочисленные карстовые воронки характерной асимметричной формы, которая обусловлена экспозицией (Якуч, 1977; Jakucs, 1977a, б). В горах Бюкк много карстовых пещер до 1,5 км длиной (Михайлов, 1969). Они детально изучались И. Керекасом, О. Кадиком, М. Мотль, Л. Сабо, и там были обнаружены следы доисторического человека (см. Николаев, 1950; Actes..., 1968: L. Szabó). Нами осмотрена и кратко описана пещера Иштвана возле Лиллафюреда, залы которой украшены сталактитами, сталагмитами, занавесями и драпировками (Гвоздецкий, 1970). Пензпатакская пещера — попор Пензпатакского ручья, исследованный с огромными трудностями (Якуч, 1963), имеет глубину 130 м. Она считалась наиболее глубокой карстовой полостью Венгрии, но теперь в пропасти Вечембюк, в Аггтелекском Карсте, достигнута глубина 245 м. На втором месте стоит пропасть Иштван — 240 м, в горах Бюкк. Венгерскими исследователями подробно изучена карстовая гидрография как Аггтелекского Карста, так и гор Бюкк (Int. Sympos. on Karsthydrol., 1978). В область Северо-Венгерского нагорья Л. Якуч вклю-

чает и небольшие закарстованные известняковые массивы, расположенные севернее Будапешта, на левобережье Дуная (Jakucs, 1977a).

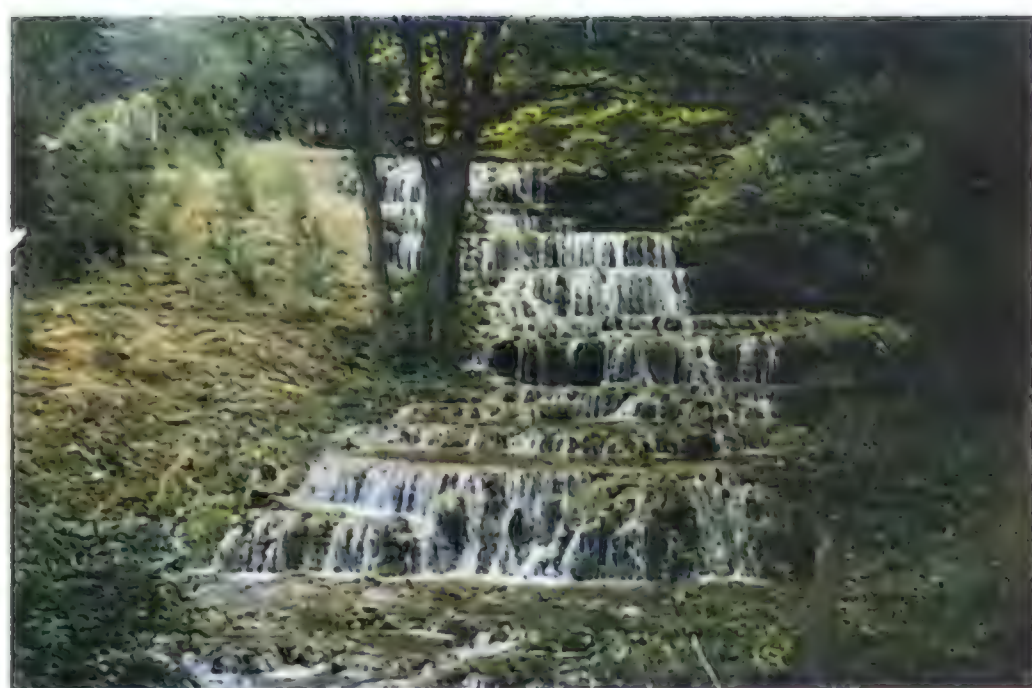
К Карпатам относится и основная часть карстовых областей и районов Румынии (Моташ, Пушкариу, Бляху, 1964; Шербан, Фиман, Коман, 1961; Bleahu, 1974; Bleahu, Rusu, 1965; Orghidan și colab., 1965). В зависимости от геолого-структурной обстановки выделяются разные морфоло-



103. Карстовая воронка на плато Бюкк.
Фото Н. А. Гвоздецкого



104. Цепь карстовых воронок и котловин на плато Бюкк
Фото Н. А. Гвоздецкого



105. Каскады на туфовых плотинах в долине р. Салайки (горы Бюкк)
Фото Н. А. Гвоздецкого

гические типы карста гор и возвышенностей — карст плато, гребней и изолированных массивов. Известно более 1000 пещер, из которых, вероятно, обследовано около 900 (там же; Максимович, 1966).

В систему Карпат входят Западно-Румынские горы. Румынские исследователи именуют их горами Апусени, или Западными Карпатами, что менее удачно, потому что так называется словацко-польская часть Карпат. Карстуются здесь триасовые и юрские-нижнемеловые известняки, отчасти (на юго-востоке) протерозойские и нижнепалеозойские кристаллические известняки и доломиты, а на северо-востоке — известняки эоцена.

По данным Г. Попа, в горах Пьятра-Краюлуй, так же как и в Бихоре, нижнемеловые известняки залегают на верхнеюрских несогласно. Перед нижнемеловой трансгрессией в тропических условиях сформировалась поверхность эрозионно-коррозийного генезиса. Карстовые формы ископаемой поверхности заполнены бокситом.

Важнейшим карстовым районом Западно-Румынских гор является массив *Бихор*, охватывающий на юге плоскогорье Скэришоара с котловинами, воронками, понорами, ледяной пещерой Скэришоара (Шербан, Фиман, Коман, 1961; Bleahu, 1974; Racoviță, 1972; Int. Spel.—73, IV: J. Viehman), пещерой-пропастью Шесури, расположенной этажом ниже, и открытой в 1970 г. Чешской пещерой (Hromas, Hýsek, 1973). На севере поднимается плоскогорье Пэдурия-Краюлуй с многочисленными воронками, зачастую расположенными в руслах сухих долин, котловинами типа увала, с отдельными карстовыми депрессиями, напоминающими поля, местами с каррами, суходолами, исчезающими водотоками и источниками, с карстовыми колодцами, шахтами и рядом пещер, в том числе пещерой Вынтулуй (20,8 км) — первой по длине пещерой Румынии (Bleahu, Rusu, 1965; Rusu, 1973a, б, 1975).

В средней части Бихора находится плоскогорье Падиш с бесчисленными воронками (есть типичные воронки просасывания покрытого

карста), понорами и колодцами, глубокими живописными котловинами Четэциле-Понорулуй (со скалистыми бортами, соединенными пещерой с подземной рекой), с другими пещерами и подземными реками (Шербан, Фиман, Коман, 1961; Bleahu, 1966; Rusu, Bleahu, Dan, Mantea, 1957). По мнению М. Бляху, на морфологии карста Бихора (плоскогорья Падиш и Скэришоара) отразились перигляциальные климатические условия плейстоцена и чередование ледниковых эпох с межледниковыми, причем не только на характере рельефа, представляющего сочетание карстовых форм с солифлюкционными поверхностями и формами криотурбации, но и на морфологии пещер (Bleahu, 1966). В районе Беюша, на западной окраине Бихора, встречаются поля, пересеченные ручьями, которые поглощаются понорами и естественными колодцами.

К юго-западу от Бихора расположен район *Кодру-Мома*, изобилующий исчезающими в понорах реками. Юго-Восточнее Бихора, в горах *Траскэу*, распространены воронки, пещеры, исчезающие реки, периодические источники. Здесь развит не только известняковый, но и гипсовый карст.

В Восточных Карпатах выходы на поверхность карстующихся пород (кристаллические известняки и доломиты протерозоя и нижнего палеозоя, известняки триаса, на юге — юры — нижнего мела, в северной половине гор — эоцена) многочисленны, но не занимают значительных площадей, меньше здесь и пещер. Пещера Тэушоаре, к северо-востоку от Нэсэуда (на южном склоне гор Родна), с суммарной длиной более 8 км и глубиной 415 м — самая глубокая в Румынии (Rubín, 1972).

Южные Карпаты имеют более крупные районы и участки карстующихся пород (преимущественно юрские-нижнемеловые известняки; на севере, в горах Пояна-Руска и Фагараш, — кристаллические известняки и доломиты протерозоя — нижнего палеозоя). Важнейшие карстовые районы — плоскогорья *Мехединци* с исчезающими реками и пещерами, в том числе со второй по длине пещерой Румынии — Тополница (около 16 км)

(Bleahu, Rusu, 1965), и *Караш-Нера* (горы Анина) с пещерой Комарник (более 4 км длиной), богатой натечно-капельными образованиями, кристаллами, пещерным жемчугом, с многочисленными воронками, особенно на дне закарстованных сухих долин и увала, каррами, понорами (Sencu, 1972; он же — Int. Spel.— 73, II). В горах *Черна*, к северо-западу от плато Мехединци, внезапно исчезают в понорах реки (например, Мотру-Сек), обильны карстовые источники, многочисленны пещеры.

Из карстовых районов Румынии, находящихся вне Карпат, следует упомянуть Добруджу с карстом в триасовых, верхнеюрских и сарматских известняках и небольшим количеством пещер. Пещера Карачикола в южной Добрудже имеет длину 3,4 км (Bleahu, Rusu, 1965; Orghidan, 1963; Orghidan și colab., 1965). На юге этот район продолжается в Болгарию.

К Среднедунайскому бассейну относится вторая крупная карстовая область Венгрии — *Задунайские Центральные горы* (Средневенгерские горы, Венгерское Среднегорье). Область состоит из плосковерхих платообразных массивов, сложенных преимущественно известняками и доломитами триаса. В конце мезозоя и начале кайнозоя карст развивался здесь, как в Аггтелекском Карсте и в районах Чехословакии, Польши, Румынии, в условиях тропического климата. Об этом свидетельствуют реликтовые и ископаемые формы тропического карста, а также органические остатки в карстовых полостях, найденные на месторождениях бокситов Халимба и Гант. Палеокарстовые формы представлены останцами, воронками, полями, с ними связано бокситовое орудование. Тропический палеокарст встречен в горах Баконь, Вертеш, Буда, Пилиш и Герече. Останцы в окрестностях горы Багойхердь достигают высоты более 30 м, в горах Пилиш — 30 — 45 м (Сабо, 1966). П. З. Сабо проследил особенности формирования карстового рельефа и пещер со времени образования тропического палеокарста до начала голоцена (Actes..., 1968: P. Z. Szabó).



106. "Каменное море" возле селения Кёвагоэрш.

Фото Н. А. Гвоздецкого



107. Корродированные глыбы доломита на гряде "Каменное море".

Фото Л. Якуча

В известняковых и доломитовых массивах Задунайских Центральных гор из-за сильной трещиноватости и карста эрозионные процессы ослаблены, речки немногочисленны, типичны исчезающие водотоки. У южной окраины плато *Герече* разгрузка карстовых вод происходит в городе Тата на дне Старого озера. В плейстоцене воды разгружались на относительно более высоком уровне и отложили травертины Вертешсёллеша,



108. Карры типа ка-
мениц на гряде "Ка-
менное море".
Фото Н. А. Гвоздец-
кого



109. Доломитовые об-
рывы каньона в городе
Веспрем (отроги гор
Баконь).
Фото Н. А. Гвоздец-
кого

110. Доломитовая
мука в обрыве плато
Пилиш.
Фото Н. А. Гвоздец-
кого



где раскопана многослойная стоянка первобытных людей, а в плиоцене карстовый источник вытекал из пещеры Селим, расположенной у самой бровки плато. В горах *Баконь*, в их восточной части, карстовые воды разгружаются источником в пос. Ино-та, где они используются для алюми-ниевых заводов и ТЭЦ, а западнее — в виде источников близ оз. Балатон (например, Кошут Лайош в Бала-тонфюреде), иногда термальных (в курорте Хевиз). В горах Баконь много пещер, но они небольшие (Михайлов, 1969). Возле селения Кёвагоэрш протягивается гряда "Ка-менное море" с плоскими глыбами доломита, в которых мы вместе с Л. Якучем наблюдали карры типа камениц (ил. 108).

Карстовые явления обусловлива-

ют безводие внутренних частей доло-митового (в основном) массива *Вер-теш*. Доломитовый карст с полостя-ми, выработанными термальными во-дами, и доломитовой мукой распро-странен на плато *Пилиш*. В *Будай-ских горах* простираются участки с раскрошенным брекчированным доломитом и доломитовой мукой соответствует направлению тектони-ческих трещин, по которым прони-кали термальные воды. Трещинова-тельностью обусловлена и морфология имеющихся здесь пещер. В Будий-ских горах, на плато Герече и Пилиш есть пещеры гидротермального про-исхождения (Михайлов, 1969; Jakucs, 1977a, б).

В горах *Мечек* (у г. Печ) также развиты карстовые явления — пеще-ры, карстовые колодцы и источники.



111. Обрыв триасового доломита в Будайских горах.
Фото Н. А. Гвоздецкого



112. Формы доломитового карста (ниши и полости) в Будайских горах.
Фото Н. А. Гвоздецкого

Гидрологические и морфологические особенности карста этого района освещены в работах П. З. Сабо (см. Гвоздецкий, 1954).

ЮЖНАЯ, СРЕДИЗЕМНОМОРСКАЯ ЕВРОПА

Большую часть Пиренейского полуострова — его запад и середину — занимает плоскогорье Месета. Вместе с западной половиной Кантабрийских гор оно относится к герцинской зоне и по тектоническим особенностям тяготеет к герцинидам Средней Европы. Однако специфическую обстановку для

развития карста здесь создает субтропический средиземноморский климат, и, естественно, что всю эту территорию мы рассматриваем в составе Южной, Средиземноморской, Европы.

На западе этого района находятся карстовые районы Португалии, например расположенный севернее Лисабона низкогорный хребет *Серра-де-Синтра* со значительным развитием карста в юрских и меловых известняках и продолжающая его на север, северо-восток и юг известняковая полоса с карстовыми плато. Карстовые пещеры встречаются также на юге страны. Есть в Португалии и карстовые шахты, о которых упоминал еще Э. А. Мартель в известной статье (1924 г.) об универсальности и важности этих феноменов.

На территории Испании, в юго-восточной части Месеты, там, где находится плато *Ламанча*, местами исчезают воды рек в неогеновые гипсоносные мергели и известняки. На севере *Сьерры-де-Гвадаррамы*, в бассейне р. Лосоя (провинция Мадрид), обследованы пещера Куэва-дель-Регерильо (около 4,8 км суммарной длины) и многочисленные пещеры небольшой протяженности, выработанные в верхнемеловых известняках (Actes..., 1968: A. Hernanz). Наиболее высокое ядро на востоке герцинской части Кантабрийских гор сложено карбоном, в том числе карбонатными породами — известняками и мраморами. Герцинская складчатая структура здесь видоизменена альпийскими движениями и раздроблена продольными и поперечными разломами. Мощные толщи плотных известняков прорезаны крутостенными ущельями, сильно закарстованы, избилуют воронками, провалами, пещерами. По Б. Ф. Добрынину, главный горный хребет этого района — *Пикос-де-Европа* — представляет собой грандиозный известняковый массив с крутыми склонами, ущельями и интенсивным развитием карста. На западе массива карст изучен и закартирован. Здесь много разных котловин, воронок, полей, сухих долин, карров. В ряде котловин есть ледниковые отложения (Miotke, 1968).

Месета с примыкающими к ней герцинидами западной половины Кантабрийских гор обрамлена с северо-восточной, восточной и южной сторон альпийскими структурами, образующими восточную половину Кантабрийских гор (Баскские горы), Иберийские и Андалузские (на юге) горы. В береговой полосе восточной половины Кантабрийских гор среди холмистого и террасированного рельефа прослеживаются участки небольших карстовых плато. В провинции Сантандер, где в системе Кантабрийских гор уже выражены альпийские складчатые структуры Пиренеев, изучен район замкнутой депрессии Матьенсо. Местность эта представляет собой комплекс двух полей и слепой долины, имеются карровые поля, воронки (одна огромная — 520 на 420 м и 120 м глубиной), карстовые шахты и пещеры. Среди пещер провинции Сантандер известны Фреска (14 км), Тива-Риско-Онито (11 км), Куэва-дель-Рио (около 10 км), Куэва-дела-Куяльвера (около 10 км), Ковентоса (7,9 км). Пропасть Гарма Сиега — Сеягуа достигает глубины 970 м (при длине около 8 км), Сима-дель-Куэто — 755 м. Закарстованы меловые известняки (Actes..., 1968: J. C. Fernández Gutiérrez).

В муниципии Оньяте есть группа значительных по длине пещер и пропастей (Максимович, 1963). На южной стороне гор, в провинции Алава, находится пещера Майруэлегоррета (длиной 12,3 км, глубиной 210 м) с эксцентричными сталактитами (Actes..., 1968: J. Montoriol-Pous, M. Font-Altaba).

Наибольшая из пещер Испании — Охо Гуаренья (Паломера-Доленсиас) (длиной 61 км) находится в муниципии Виляркайо провинции Бургос. Здесь сосредоточен комплекс пещер с пещерной рекой, образующей каскады и озера с прозрачной слепой рыбой (Максимович, 1963).

В Иберийских горах карст развит в юрских и верхнемеловых известняках, склоны каменисты и бедны водой, реки текут в узких ущельях.

В провинции Таррагона закарстованы триасовые известняки и доломиты.

Андалусские горы также имеют закарстованные массивы. Интенсивным развитием карстовых форм отличается известняковая *Сьерра-де-Антекера*, к северу от Малаги. Ее продолжением к востоку служат горы Лоха с каррами и пещерами в юрских известняках (Kosak, 1952). Известняковые горы *северной зоны* резко выражены в рельефе, отличаются крутизной и каменистостью склонов, узкими ущельями, развитием карста. Котловины между хребтами орошаются водой карстовых источников. Э. Мартель упоминал о карстовых шахтах Андалусии. В пропасти Г. Е. С. М., или Охос дель Пилар (провинция Малага), недавно обнаружена глубина 1070 м, и эта пропасть теперь занимает седьмое место в мире (см. прилож. № 2).

В пещерах разных районов Испании найдены рисунки и скульптуры первобытных людей (Petrović, 1968).

В отмеченных районах распространен известняковый, преимущественно голый карст средиземноморского типа. Вероятно, к этому же типу относится и карст Балеарских островов, хотя в сведениях о нем, собранных по крупицам Г. А. Максимовичем (1962б), не упоминаются свойственные этому типу карровые поля. Отмечены карстовые воронки, пещеры, открытые гроты, карстовые шахты, а также терра-росса и щебнистые покровы. Закарстованные известняки имеют преимущественно юрский и меловой возраст.

Областью распространения голого карста средиземноморского типа, сочетающегося с горным карстом, является **Апеннинский полуостров**, на котором находится большинство карстовых районов Италии. Весь Апеннинский полуостров вместе с его основной горной системой — Апеннинскими и близлежащими крупнейшими островами Средиземного моря Сицилией и Сардинией относится к альпийской складчатой области и характеризуется широким распространением карстующихся пород — известняков, доломитов, гипсов.

В Северных Апеннинах к северо-западу от Флоренции находятся массивы и хребты, самый

большой из них — *Апуанские Альпы*, образованные закарстованными известняками верхнего триаса — нижней юры. Здесь находится группа глубоких пропастей — Антро-ди-Коркиа — 668 м (Skřivánek, 1964), Спрукола-де-ла-Колубрайа, Тана-дель-Уомо-Сельватико, Ревель (все три глубже 300 м) — и значительных пещер — Нуоро-Сан-Джиованни — 8,4 км и др.

На востоке Северных Апеннин, южнее *Болоньи*, в породах верхнего миоцена распространен гипсовый карст. Многочисленны крупные (диаметром 500 — 1000 м, глубиной до 100 м) замкнутые котловины с подземным дренажем, воронки, пещеры (Спипола, длиной около 5,7 км, 80 м глубиной — Badini, 1967). Полоса верхнемиоценовых гипсов с карстовыми явлениями протягивается отсюда вдоль северо-восточного склона Апеннин на юго-восток в Центральные Апеннины, почти до Акуилы.

В Центральных и Южных Апеннинах карстующиеся породы представлены нижнеюрскими известняками, а также известняками, доломитовыми известняками и доломитами верхнего триаса — эоцена, образующими разные зоны.

В Центральных Апеннинах карст распространен широко, но выражен все же не в такой степени и не так ярко, как, например, в Динарских горах Югославии. Для *Абруццы* характерны крупные карстовые воронки ("фоссы") диаметром несколько сотен метров, нередко глубокие провалы. В окрестностях Акуилы такие воронки образовались в меловых и эоценовых известняках. Живописно карстовое горное озеро Сканно. В районах Акуилы и Перуджи распространен голый карст. Много в Центральных Апеннинах полей, иногда обширных, расположенных на разной высоте. Из прежних полей одни включены в системы речных долин, другие заняты еще сохранившимися кое-где озерами. Озеро Фучино, бывшее самым крупным карстовым озером, в 1876 г. осушено путем искусственного спуска воды в р. Лир; дно его в большей части занято полями и огородами.

Горные хребты Центральных Апеннин каменисты, бедны водой. Вслед-

ствие этого и относительной суровости горного климата они слабо заселены. Население сосредоточено в котловинах и у подножия известняковых массивов, где теплее и имеются обильные выходы карстовых вод. Богатые водой горные котловины, с полями и садами, представляют как бы оазисы среди каменистых пустынных гор со скудной и невзрачной травянистой и кустарниковой растительностью. По свидетельству Б. Ф. Добрынина, в Центральных Апеннинах поражает обнаженность горных хребтов, сверкающая белизна известняковых обрывов и вершин. Прежде горы были гораздо лесистее, но умеренный выпас скота, вырубка и выжигание деревьев привели к исчезновению горных лесов на большей части занятых ими прежде площадей.

В Центральных Апеннинах известны глубокие пропасти, такие, например, как глубочайшая в Италии Монте-Чукко — 922 м, Киоккио — 514 м (Перуджа), и значительные пещеры. Пещеры и пропасти есть в Сабинских горах к северо-востоку от Рима, а также в известняковых массивах, расположенных восточнее и юго-восточнее его.

В Южных Апеннинах есть известняковые карстовые районы: массив *Матесе* (на севере Неаполитанских Апеннин) из меловых известняков с обильными карстовыми источниками, *Луканские Апеннины*, расчлененные глубокими ущельями, с обилием пещер и карстовых источников. Много пещер известно в известняковых горах к юго-востоку от *Неаполя*: среди них пещеры Кастельчивита (длиной 4,8 км), Пертоза (более 2 км длиной). Южнее Неаполя известняки обрываются прямо в море. Морской прибой вымывает в них (с участием процесса растворения) большие пещеры. Особенно прославился ими о. Капри (знаменитый Лазурный грот, Белый грот и др.). Многие пещеры Центральных и Южных Апеннин представляют собой системы с подземными водотоками — "речные пещеры" (Actes..., 1968: L. Laureti). В Калабрии есть пещера Тремуза и пропасть Бифурто, достигающая глубины 683 м.

К важнейшим карстовым районам Италии относятся массивы Гаргано, Мурдже и Серра-Саленто. Массив *Гаргано*, расположенный на "шпоре сапога" Апеннинского полуострова, сложен юрскими и меловыми известняками и доломитами. Его безводная выровненная поверхность изрыта карстовыми воронками, испещрена каррами, есть котловины типа *увала*, *поля*, сухие долины, поноры и пещеры (Манакоре и др.), в нижней части склонов — обильные источники. Местами наблюдаются крупные воронки, диаметром около 100 м, количество воронок — до 80 на 1 кв. км. Карстовое плато *Мурдже* в Апулии образовано меловыми известняками. Дно карстовых воронок и депрессий покрыто *терра-россой*. Здесь, в окрестностях Бари, известны пещеры Кастелляна, Палаццезе-ди-Полиньяно, Путиньяно, оборудованные для туристического осмотра. На *Серра-Саленто* карст сходен с карстом плато Мурдже, но воронки более редки, низ "каблука", образованного полуостровом Салентина, изрыт пещерами Романелли, Цинцулуза, Дияволо и Гротта-Гранде-ди-Циоло. Здесь, между мысами Отранто и Санта-Мария-ди-Леука, имеются карры.

На о. Сицилия голые закарстованные скалы находятся в его западной половине и на юго-востоке. Это доломиты и известняки верхнего триаса — нижней юры, меловые, эоценовые и миоценовые известняки, верхнемиоценовые гипсы. Известняковый карст выражен поверхностными формами, мощными карстовыми источниками, пещерами на северном и восточном побережьях. Для гипсового карста, распространенного на западе (Калатафими), юго-западе (Агридженто) и небольшими участками внутри острова, характерны депрессии, развитые на контакте с подстилающими породами (Агридженто), слепые долины, воронки (Калатафими). Близ Санта-Нинфа расположены асимметричные воронки (до 300 м длиной и 30 м глубиной).

На о. Сардиния кроме мезозойских и миоценовых карбонатных пород распространены интенсивно смятые в складки толщи палеозойских формаций. Имеются пещеры

и пропасть, сосредоточенные в основном в восточной части острова. Пещера Су-Бенту — около 7 км длины (Максимович, 1963).

В Италии помимо только что описанных районов Апеннинского полуострова и карстовых районов Альп карст развит еще на северном побережье Адриатического моря — так называемый *Итальянский Карст*, являющийся продолжением Классического Карста Югославии, вместе с которым он и будет охарактеризован.

Балканский полуостров, особенно его северо-западная часть, занятая Югославией, представляет собой территорию классически выраженного карста. Карстовые районы занимают $\frac{1}{3}$ площади Югославии.

На крайнем северо-западе здесь располагается район Классического Карста, соответствующий в основном плато Крас (Карст), край которого заходит на нынешнюю территорию Италии с городом Триест и к северо-западу от него, образуя *Итальянский Карст*. История изучения карстовых явлений этой территории полна героизма и драматических событий. Спелеологов и инженеров водного хозяйства особенно волновала проблема Нотраньской Реки, исчезающей в огромных подземельях Шкоцианской пещеры. Поиски продолжения ее русла были важны для водоснабжения Триеста. Исследование Ф. Линднером в 40-х годах прошлого столетия так называемого Требицкого грота, расположенного восточнее Триеста, — пропасти с огромной пещерной полостью в глубине — представляло собой настоящую инженерную работу, длившуюся 11 месяцев. Эта система пропасти и пещеры (— 331 м) считалась глубочайшей в мире (Martel, 1894; Hirpan, 1976).

Велики были усилия по изучению Шкоцианской пещеры и Качны-Ямы близ Дивачи — звеньев той же подземной гидрографической системы. В 1907 г. была наконец установлена связь исчезающей в Шкоцианской пещере Нотраньской Реки с источником Тимава близ Триеста с помощью маркирования воды хлористым литием (Minvielle, 1972). Позднее эта связь была подтверждена несколькими способами: окрашиванием воды

флуоресцеином, с помощью выпущенных в воду меченых угрей, минералогическими анализами осадков в местах исчезновения и выхода реки и, наконец, в 1962 г., с помощью изотопа водорода—третия¹. Что же касается Качна-Ямы, где было установлено появление вод Нотраньской Реки в половодье, то само ее русло найдено там совсем недавно. Общая длина пещеры оказалась равной 7,2 км, глубина—296 м. Это открытие в районе Классического Карста расценивается как большое достижение югославских спелеологов за последнее десятилетие.

Исследование в конце августа 1925 г. пропасти Бертарелли, или Грота-делля-Марна² (к юго-востоку от Триеста), 450 м глубиной (тоже была рекордной) внезапно превратилось в катастрофу. Когда передовым отрядом уже была достигнута наибольшая глубина, на поверхности разразилась гроза. В устье пропасти устремились бешеные потоки воды. Двух помощников спелеологов снесло в гигантский колодец, а восьмерых исследователей, составлявших глубинный отряд, удалось поднять наверх после 50-часового плена на дне пропасти (Гвоздецкий, 1954; Martel, 1926; Minvielle, 1972).

Полна героизмом и история исследования Постойнской и Планинской пещер (с подземной рекой Пивкой), относящихся к внутренним карстовым районам Словении. Замечательны открытия А. Шмидля и его последователей, в том числе Э. А. Мартеля (Martel, 1894), нижних пещерных ходов, обводненных Пивкой (Minvielle, 1972; 150 let..., 1968). В целом спелеологические исследования в Югославии велись (и ведутся) весьма интенсивно, в результате чего уже к 1965 г. в стране было изучено около шести тысяч пещер (Максимович, 1966). Значительное внимание уделяется их оборудованию, туристическому использованию и охране (Naše Jame, 1974).

1 На подземном пути от Шкоцианской пещеры к источнику Тимава Нотраньская Река часть воды отдает подземным потокам, отходящим от нее влево, а в районе Тимава, наоборот, вода прибывает из р. Соча и ее притока — Вишавы (Gams, 1974).

2 Сейчас называется Закайна-Яма.

Карстуются в Югославии мезозойские породы — триас, юра, мел, отчасти также палеогеновые и пермские, главным образом известняки, в большинстве случаев довольно чистые по химическому составу, иногда и доломиты. Наибольшей чистотой, по данным М. Герака, отличаются среднетриасовые, среднеюрские и верхнемеловые известняки, меловые доломиты. По-разному проявляются в рельефе и ландшафтах известняковые и доломитовые участки. В доломитах рельеф мягче, карст выражен слабее, сильнее развиты эрозионные формы. Склоны доломитовых массивов одеты маломощной почвой и травой, в лесистых местностях более обезлесены, используются как пастбища и сенокосы. Известняковые же массивы, с каррами, воронками и выступами корродированных скал, часто вообще не используются в сельском хозяйстве (даже в качестве пастбищ), поэтому в Словении на них сохранились леса. Развитию карста благоприятствует трещиноватость известняковых толщ.

Карстованию способствуют и климатические условия: обильные атмосферные осадки, периодичность их выпадения, случающиеся сильные ливни, воздействие талых снеговых вод (в горах), положительные зимние температуры на значительной части территории, обеспечивающие карстование в течение всех сезонов. В отдельных районах Динарских гор за год выпадает от 2000 до 3000 мм осадков, а близ залива Бока Которска в Черногории — 5000 мм (максимальное количество осадков в Европе).

Наиболее дождливый период приурочен к концу осени, но изредка проливные дожди проходят и раньше. В 1965 г., когда автор в первый раз совершил поездки по карстовым районам Югославии в связи с IV Международным спелеологическим конгрессом, в самом начале сентября прошли большие дожди. Обычно сухое в сентябре Планинское поле было затоплено, из воды торчали кроны деревьев. В пещерах Предъяма, Постойнской и Шкоцианской начались катастрофические паводки. В Шкоцианской пещере вода поднялась на

89 м, так как конечный сифон ее не успевал пропускать воду вздувшейся от дождей Нотраньской Реки (Набе, 1966). Паводок в пропасти Бертарелли, о котором говорилось выше,— пример того, как поглощаются карстовой полостью воды внезапного ливня. В связи с неравномерностью сезонного распределения осадков резко меняется дебит карстовых источников. Так, расход источника Люта в Которском заливе (восточная лопасть Бока Которской) изменяется от максимального (170 куб. м/сек) во влажный сезон до минимального (50 л/сек) в сухой. Из районов Югославии с классически развитым карстом несколько отклоняются от типичного средиземноморского климатического режима внутренние части Словении, где выпадает больше дождей, выше сток и нет резко выраженного засушливого сезона. Ж.Нико (1970) считает эти районы находящимися вне Средиземноморской области.

Однако не одни климатические условия предопределили развитие голого карста в Классическом Карсте и Динарском нагорье. Большую роль сыграли антропогенные воздействия. Эта роль особенно подчеркивалась А.И.Воейковым. Сведение лесов в XV—XVI вв. на потребности венецианского флота, а затем и во время турецкого господства, неумеренный выпас скота, лесные пожары способствовали распространению голого карста на месте густых лесов в Истрии, Далмации, Герцеговине и Черногории. В дальнейшем пастбищное использование территории препятствовало возобновлению древесно-кустарниковой растительности. Но те участки голого карста Адриатического побережья, на которых прекращался выпас скота, сами, без вмешательства человека, зарастали деревьями. В 1899 г. У.М.Дейвис обследовал огороженный от выпаса участок, который за 20 лет зарос различными деревьями (Davis, 1930).

Особенно пагубно действовал на древесно-кустарниковую растительность выпас коз. В 1948—1949 гг. на него в карстовых районах Югославии был наложен запрет. Посетив эти районы в 1965 г., мы были немало

удивлены зеленым деревьев и кустарников, которыми покрылись и знаменитое плато Крас (Карст), и многие районы Динарского Карста.

Приведем количественные данные о скорости карстовой денудации. Для района плато Крас Ж.Корбель (Corbel, 1959a, 1965) дает величины 64 и 48 мм/1000 лет, для Постояны — 109 мм/1000 лет. В работе В.Баровича (1976) сделан подсчет скорости карстовой денудации для районов Черногории, который показал, что для бассейна р.Морачи он равен 129,3 мм/1000 лет, а для бассейна р.Пивы (в более внутренней части гор) — 87 мм/1000 лет. Если учесть разницу в физико-географических условиях, то эти данные хорошо согласуются между собой. Значительно бо́льшую скорость карстовой денудации должен иметь наиболее влажный приморский район близ залива Бока Которска, но у нас, к сожалению, отсутствуют точные исходные данные для расчета.

Классический и Динарский Карст Й.Цвийич (Cvijić, 1960) относил к типу холокарста, т.е. полного карста, на основании полноты представленных в нем характерных карстовых форм. Вероятно, шире, чем где бы то ни было, здесь распространены *карровые поля* и *карры* разного типа. Желобковые карры встречаются на пространстве от плато Крас (у пещер Липишка-Яма и Шкоцианской — Гвоздецкий, 1970, 1972) до Черногории (на пути от Скадарского озера и Црмничко поля к Адриатическому побережью). Трещинные карры особенно типичны на горе Дурмитор и вообще широко представлены в Черногории, где достигают 3—4 м ширины и 10—15 м глубины (Барович, 1976). Часто встречаются карры типа камениц (там же; Bögli, 1960). Многим районам свойственны *богазы* (Барович, 1976; Гвоздецкий, 1972; Милојевић, 1938). Карстовые *воронки* попадаются повсеместно; в Словении, Сербии и Черногории их называют "вртача". Широко распространены котловины — *увала* (Барович, 1976; Cvijić, 1960). В наиболее типичном виде они наблюдались нами на хребте Велебит



113. Район Классического Карста Югославии. Плато Крас.

Фото Н. А. Гвоздецкого



114. Шкоцианская пещера

и в Черногории, у побережья близ Будвы (Гвоздецкий, 1970).

Югославия — классическая страна *польев* (Гвоздецкий, 1970, 1972; Максимович, 1963, 1969; Нико, 1970; Цвијић, 1957, Шукин, 1964; Cvijić, 1960; Gams, 1974; Roglić, 1964). Начало формирования югославских *польев*, видимо, было связано с тропической обстановкой третичного времени. В создании аккумулятивных поверхностей на днищах *польев* большое значение имело отложение аллювия в ледниковые и послеледниковую эпохи, а в моделировании бортов, испещренных каррами, почти всюду, даже под древесно-кустарниковой растительностью, оказали сильное влияние современные климатические условия — со сменой влажного и сухого сезонов. На дне и по краям *польев* встречаются карстовые останцы — "хумы". Большая часть *польев*, особенно крупных, относится к тектонически-коррозионным и тектонически-эрозионно-коррозионным. Другие образовались вследствие подземного механического выноса нерастворимой породы, залегающей среди карстующихся карбонатных толщ (Дабарско, Фатничко и Планско *поля* в Герцеговине, — Kosmowska-Suffczyńska, 1967). Ракова долина в Словении — тип *поля* провального генезиса.

В Югославии много *исчезающих и пещерных рек*, наиболее яркие примеры — Нотраньска Река и Пивка с подземным притоком Рак. Среди многочисленных *карстовых источников* интересны периодически действующие (Гавриловић, 1967; Gavrilović, 1970), такие, как Линтверн возле Врхники (Словения) и Видов Поток в Никшичком *поле* в Черногории (Nabić, 1970a; Барович, 1976).

Особый интерес представляют *субмаринные источники*. В районе полуострова Истрия и Хорватского приморья, в Далмации и у острова Брач известны 32 субмаринных источника или их группы (Максимович, 1969). Мы наблюдали субмаринные источники в Рисанском заливе Бока Которской, где их грифоны хорошо просматриваются.

Район Классического Карста дважды посещался автором.

При его осмотре особенно поражает зелень древесно-кустарниковой растительности нагорья Крас. Это и естественное возобновление шибляка, и искусственные посадки черной сосны и акации. Карстовые воронки на значительной площади скрыты деревьями и кустами (ил. 113). В восточной части нагорья кроме воронок много карстовых колодцев. Провал Рысник с отвесными бортами у селения Дивача особенно крупный. Он грушевидной формы и имеет диаметр широкой части до 200 м, глубина его 80 м. Провал образовался в верхнемеловых известняках восточной оконечности плато Крас, причем свод обрушился над подземной полостью, связанной каналами с пещерой Качна-Яма (Gams, 1974).

Дважды удалось побывать и в Шкоцианской пещере (Горбунова, 1970; Gams, 1974). Вход ведет сначала в сухую, безводную, часть пещеры, называемую Тихой (Тиха-Яма). Она соответствует наиболее древней стадии развития пещерной системы. Величествен ее большой, 50-метровой высоты, сталактитовый зал. Из Тихой пещеры путь ведет в грандиозный тоннель подземной реки, которая течет бурным потоком, образуя ряд водопадов, и, резко поворачивая, скрывается во мраке Главной пещеры. Высота тоннеля грандиозная, почти 100 м. Это настоящий подземный каньон, который можно сравнить с каньонами поверхностных рек, с той лишь разницей, что здесь есть кровля. Над подземным потоком на высоте 65 м висит мост Ханке. На противоположной стороне реки, там, где она поворачивает, к борту подземного каньона она прилепились в виде каскада полукруглые ванны с обрамлением из травертина.

Первое посещение пещеры состоялось после большого паводка Нотраньской Реки, который вывел из строя электрическое освещение. Шедшие гуськом друг за другом многочисленные участники экскурсии со свечами и фонариками в руках растянулись на сотни метров. Одни уже перешли через мост Ханке, другие еще только выходили из Тихой пещеры. Бесконечная вереница огней —



115. Провал в системе Шкоцианской пещеры.
Фото Н. А. Гвоздецкого

медленно плывущих светящихся точек — во мраке грандиозного подземелья производила незабываемое впечатление. По самым дальним и наиболее высоким огонькам можно было судить об огромной высоте подземного каньона. Несущийся рядом мощный бурный поток усиливал ощущение величия подземного мира. Далее — громадные провальные котловины Большая "долина" и Малая "долина", освещенные ярким дневным светом. Борта провалов достигают 150 м высоты (ил. 115). Выше по течению Нотраньской Реки поток идет вдоль Маринчевой пещеры (которой начинается вся система). Ее нижнее, выходное отверстие видно с естественного моста между провалами. Длина Шкоцианской пещеры более 5 км.

Из других пещер Классического Карста мы посетили Липишку-Яму с обильными натеками и капельниками, пещеру-пропасть Димнице (Gams, 1974), начинающуюся эффектной вертикальной шахтой, в глубине которой разместились сталактитовые залы, громадные драпированные колонны и богато украшенный

натекami Прекрасный зал. Удалось ознакомиться и с карстовыми источниками Випавы.

Верхнемеловые и эоценовые известняки, образующие плато Крас, продолжают на территории Италии в район Триеста и к северо-западу от него, где сейчас выделяют Итальянский Карст. В нем различают две части — Триестинский Карст и карст Монфальконе. Здесь распространен голый и полузадернованный карст с каррами, воронками, в том числе большими, пещерами, пропастями. Кроме упомянутых Требичской пропасти-пещеры и пропасти Бертарелли заслуживают внимания Гротта-Гиганте — карстовая полость, выделяющаяся большим объемом и высотой, в середине которой установлен сейсмограф (Hirman, 1976), и пропасть Кристалли.

Как район Классического Карста, так и более удаленные от Адриатического побережья внутренние карстовые районы Словении имеют сложную систему подземного стока и подземных гидрографических связей, карстовых пещер, полей; в развитии же рельефа наиболее существенным



116. Пещера Предъяма. Верхний грот с рыцарским замком. Фото Н. А. Гвоздецкого

117. Постойнская пещера. Вход в Лепа-Яму ("прекрасную пещеру")



было сочетание процесса закарстовывания в платообразных известняковых массивах и хребтах с эрозионными процессами в разделяющих их понижениях из эоценового флиша и других водонепроницаемых пород (Горбунова, 1970; Gams, 1966, 1974; Habič, 1968, 1969; Radinja, 1972).

В Словении над плато Крас с северной стороны поднимается плато *Трновский Гозд* (Habič, 1968; он же — Naše Jame, 1974), сложенное триасовыми, юрскими и меловыми известняками и доломитами. Оно играет роль важного климатического и ландшафтного барьера между средиземноморским приадриатическим Классическим Карстом и внутренней Словенией. Среднегодовая сумма осадков здесь была 3000 мм, главным образом за счет обильных зимних снегопадов. Плато в основном залесено. Его каменистая поверхность изрыта глубокими карстовыми воронками ("вртача"), сложными котловинами типа увала (по-словенски "драга"). В больших котловинах скапливается холодный воздух. В глубокой (90 м) карстовой воронке местности Парадани (абс. высота

1100 м) открывается вход в пещеру-ледник Велика Леденица с глубиной (от устья самой пещеры) 382 м (Naše Jame, 20, 1979). Значительно меньше расположенная поблизости Мала Леденица.

В восьми—десяти километрах от Постойны находится многоэтажная пещера Предъяма, общей длиной около 6,5 км. В ее нижнем этаже исчезает речка Локве, текущая по флишевому дну глубокой долины, которая слепо заканчивается обрывистой известняковой стеной с пещерой. Основная часть пещеры, однако, выработана не речкой Локве, а древней речкой пра-Нанощицей — притоком древней Пивки. В пещере особенно величествен открытый грот верхнего этажа: огромная ниша, в которой сооружен замок в стиле Ренессанс XVI в. (ил. 116); старая часть его относится к концу XV в. (Gams, 1974).

Район р. Пивки во внутренней Словении выделяется знаменитой Постойнской пещерой (Хабе, 1965; Gams, 1974; 150 let..., 1968; Naše Jame, 1969), которую мы посетили дважды. Самая красивая часть — Лепа-Яма ("прекрасная пещера"), ее

сталактитовые образования выделяются исключительной белизной или окрашены гидроокислами железа в оранжевый цвет. Кроме собственно Постоянской пещеры мы осмотрели пещеры Черную (Чрна-Яма) и Пивскую (Пивка-Яма), из пропасти которой — провала 60-метровой глубины — поднялись на поверхность. При вторичном посещении пещеры (1971 г.) удалось побывать в непосещаемых туристами и неэлектрифицированных ее частях — Верхнем и Нижнем Тарта-ре, Мала-Яме, осмотреть Красный Балдахин, ярко выделяющийся при освещении на фоне белой стены.

Система Постоянской пещеры (длиной 16,4 км, собственно Постоянская — 8,3 км) выработана в массивных рифовых и слоистых известняках (верхний мел) Постоянской антиклинали, простирающейся с северо-запада на юго-восток (соответственно простиранию динарид). Над пещерой располагаются карстовые воронки, некоторые большого диа-

метра (почти 200 м), положение которых по отношению к отдельным частям пещеры определено (Gospodarič, 1969). В пещере скрывается р. Пивка, собирающая воду с флишевой территории с обильным поверхностным стоком.

Из Постоянской пещерной системы р. Пивка недоступным для людей подземным путем (преградой служит глубокий сифон) уходит в Планинскую пещеру. Конечный сифон Планинской пещеры находится всего в 2,3 км (по прямой) от Пивки-Ямы, относящейся к Постоянской системе. В Планинской пещере Пивка принимает справа подземный приток Рак и из широкого арочного входа вырывается мощным бурным потоком, называемым Уницей. Вверх по течению карстовой реки Рак, в лесистой местности под названием Раков Шкоциан, можно увидеть систему эффектных карстовых форм. Это пещера Зельшка-Яма, почти 3 км длиной (Gospodarič, 1970), из которой

118, 119, 120. Натечно-капельные образования в Постоянской пещере



вытекает Рак, провал-каньон с отвесными стенами и перекинутым через него Малым естественным мостом, соседние провалы, "нанизанные" на р.Рак. Ниже Рак уходит под землю, затем протекает через открытую Ракову долину (полье провального генезиса 2,5 км длиной) и, пройдя под Большим естественным мостом, уходит в Планинскую пещеру.

Река Рак питается водой из Церкнишко озера, находящегося в одноименном полье. В борту его есть пещера Карловица длиной 7,3 км (Gams, 1974; Gospodarič, 1970). На краю поля и по берегу озера поднимаются лесистые известняковые холмы — "хумы". В средней части дна поля, у с. Доленье Езеро, в системе поноров исчезает вода, текущая через небольшой рукав из озера. Выстилающий дно поля аллювий р. Быстрицы (Церкнищицы) здесь испещрен провалами и образовался участок покрытого карста. Рядом с этим полем расположены Лошко полье и Планин-

ско полье, орошаемое рекой Уница. Блуждая по дну поля, Уница исчезает на его северо-западном краю, в месте, называемом Под Стенами. Прямую связь с ней имеют истоки р.Любляницы возле г.Врхника. Однако летом истоки р.Уницы — карстовые реки Пивка и Рак — дают мало воды, и сток в основном идет с массива Яворник, минуя системы Пивки и Рака. Истоки р.Любляницы находятся в зоне тектонического контакта закарстованных известняков с площадью Люблянско Барье. 11 источников группируются в мешкообразных долинах Мочильник (истоки М.Любляницы) и Ретовье (истоки Б.Любляницы), некоторые имеют характер "ключевых горшков".

В Словении мы посетили еще местности к юго-востоку от Любляницы, где находятся Добреполье с крутыми лесистыми склонами, Раденско полье, тоже с лесистыми склонами и торчащим посреди не облесенным останцом — "хумом",

121. Постойнская пещера. Красный Балдахин



и Гросупленско поље. В днищах полев раскинулись поля. У селения Поникве осмотрели сухую долину, с каменистым руслом и большим понором. Познакомились с Таборской пещерой (610 м), где имеется несколько залов со сталагмитами, сталактитами, в том числе искривленными, геликтитами, подземными каррами. На известняковом откосе над входом в пещеру под пологом букowego леса развиты карры.

Динарский Карст в наибольшей степени характеризуется типичными чертами голого средиземноморского карста, изобилует карровыми полями, хотя и здесь с конца 40-х годов на больших площадях успела восстановиться древесно-кустарниковая растительность типа шибляка. На плоских поверхностях обильны воронки, увала, характерны пещеры и в особенности поля (Cvijić, 1960; Gams, 1974; Roglić, 1964). Поля расположены ступенями (одно над другим) с повышением гипсометрических уровней днищ от Адриатического побережья в глубь Балканского полуострова, что связано с характером неотектонического поднятия Динарских гор. Разноэтажные поля имеют между собой подземную гидрографическую связь, которая используется в гидротехническом строительстве. Оно хорошо сочетается здесь с интересами сельского хозяйства: за счет регулирования гидрологического режима полев увеличивается площадь пахотных земель на их днищах, при этом распахиваются площади, которые прежде можно было использовать лишь в качестве пастбищ сухого сезона (Гвоздецкий, 1970; Горбунова, 1969; Иванов, 1969).

На высоких хребтах и массивах Динарского карста карстовые формы развивались в перигляциальных условиях плейстоцена, сейчас же большую роль играет скапливающийся в углублениях поверхности снег, о чем писалось еще в классических работах Й. Цвийича. В известняках Динарского Карста много бокситовых месторождений.

В маршрутах по Динарскому Карсту первый карстовый участок был встречен нами возле г. Риеки, с полем, в котором расположен аэропорт,

и каррами. Между вершинами Динарского нагорья здесь находятся карстовые долины с котловинами и воронками. В среднегорной лесистой зоне Горского Котора есть несколько пещер (до 800 м длиной). В одной из них обитает протей. В долине р. Добры, пересекающей восточный склон гор, мы видели типичный задернованный карст с многочисленными воронками. В г. Слунь на р. Корана выбивающиеся из верхнемеловых известняков карстовые источники использованы для сооружения водяных мельниц.

В части Динарского нагорья, ограниченной со стороны моря хребтом Велебит, находится ряд полев — Гацко, Липовац, Личко, Грачацко. Орошающие эти поля реки уходят под землю и появляются уже на дне моря как субмаринные источники, что обнаружено при окрашивании вод. В холодное полугодие поля затапливались водой. При нашем посещении (1965 г.) в полях Личко и Гацко велись работы, связанные с гидротехническим строительством. В Грачацком поле мы осмотрели поноры р. Отуча и Церовацкие сталактитовые пещеры — самые крупные в Хорватии (расположенные двумя этажами, суммарной длиной 3,6 км), содержащие остатки верхнеплейстоценовой фауны, а также человека верхнего палеолита и пр. Откосы Грачацко поля из корродированных известняков покрыты шибляком, частично лесом, но в поперечном проходе через хр. Велебит и на широком плато за ним мы наблюдали типичнейший голый средиземноморский карст.

На пути от города Сплита к Мостару было пересечено Синьско поле (в этом районе уже действовал и расширялся каскад ГЭС), крупнейшее в Югославии Ливаньско поле, площадью 405 кв. км (подземная гидрографическая связь обоих этих полев обнаружена окрашиванием вод флуоресцеином и запуском окрашенных спор плаунов). Горные склоны, образующие борта Ливаньско поля, сложены сильно закарстованными известняками, частично покрыты разреженным мелколесьем типа шибляка, частью же представляют собой



122. Карровые поля на борту Ливаньско-полья.
Фото Н. А. Гвоздецкого

голые пространства карровых полей (ил. 122). Далее — Дуваньско полье, Посушье полье, Имотско полье с глубокими провалами Голубого и Красного озер (Roglič, 1965).

За Мостаром и р. Неретвой расположены посещенные нами Берковичко, Дабарско и Фатничко полья. Откос Дабарско полья изборозжен карровыми полями, между ними и Фатничко полье — воронки с полями на дне. Фатничко полье имеет "хумы". Пещера Велика Печина в этом районе имеет длину 2,2 км. Нижнюю ступень восточно-герцеговинских полей составляет длинное и большое по площади (181 кв. км) Попово полье, орошаемое р. Требишницей. Здесь тоже осуществляется гидроэнергетическое использование карстовых рек, которое сочетается с мелиорацией полей. В южном борту Попова поля находится вход в пещеру Ветреница. Первые исследователи Попова поля (К. Абсolon, Й. Цвийич) считали, что пещера прежде выполняла функции понора. С. М. Милойевич (1938) доказал, что, наоборот, Ветреница служила каналом подземного стока, изливавшегося в полье. Ветреница — самая большая пещера в Боснии и Герцеговине (длина 7,5 км). В ее Золотом зале натечные образования имеют желтоватый оттенок, и их мокрая поверхность при свете электрических огней приобретает золотистый отблеск.

В Черногорском Карсте выделяется карстовое плато *Старой Черногории*, где, по нашим наблюдениям, на массиве Ловчен карстовый рельеф сочетается с гляциально-ни-

вальным. И сейчас, по данным Д. Гавриловича, здесь в карстовых полостях и трещинах много снежников. Есть пещера-ледник. В районе Ньегушко поля с карстовым рельефом соседствуют моренные отложения. Тут находится естественная шахта Дубоки-До (Барович, 1976; Corbel, 1965; Gams, 1974), 350 м глубиной, служившая некоторое время мировым рекордом. На плато Старой Черногории в изобилии развиты карры, карстовые воронки, котловины. На бортах Цетиньско поля сильно корродированные известняковые откосы частично заросли шибляком.

В Черногорском Карсте много полей. Самое большое — Никшичко полье (65 кв. км), имеющее многочисленные останцы — "хумы" и 5 эставелл. Затопленную карстовую котловину типа поля представляет собой оз. Скадарское.

Рядом расположено Црмничко полье с поднимающимся на его краю "хумом" пирамидальной формы. Многочисленны в Черногории карстовые шахты и пещеры (Барович, 1976; Петровић, 1964; Цвијић, 1957).

В Западной Сербии по восточной окраине Динарского нагорья протягивается полоса закарстованных массивов из известняков триаса и нижнего мела с пещерами Ушачка (6,1 км), Ледена (ледяная, около 1,6 км), Тубича (1 км) и др. (Gavrilović, 1965). Большая сталактитовая пещера с костями пещерного медведя и льва, обитавших здесь более 60 тыс. лет назад, обнаружена недавно на севере Западной Сербии, у с. Крупань.

Ряд карстовых районов, относящихся к Карпато-Балканской системе гор и образованных известняками верхней юры — нижнего мела, имеется в Восточной Сербии (Петровић, 1974; Gavrilović, 1965). На горах *Беляница* и *Кучай* установлено распространение реликтового тропического кегелькарста (Гаврилович, 1970; Gavrilović, 1969). В этом районе имеются также многочисленные воронки, увала, полье (Дивляковачко), пещеры. Карст бассейна Црни-Тимока, к которому относится восточный склон Кучая, освещен в монографии Д. Петровича (1970).

Он же опубликовал и статьи об отдельных сухих карстовых долинах Кучая (Валка-Луце, Брезовица) со слепыми долинами второго порядка на их дне, понорами, воронками, увала. Д. Петровичем описаны отдельные пещеры Кучая, среди которых есть самая большая пещера Сербии — Боговинска, 5 км длиной. Ее избрал для добровольного заточения зимой 1975/76 г. М. Велькович. В пещере Злотска (более 1,5 км) сделаны археологические находки.

В принадлежащей бассейну Сврлишки-Тимока *Сврлишской котловине* также имеется ряд карстовых пещер, все они речного происхождения. В одной из них (Преконошка Печина) найдены останки пещерного медведя и каменные орудия палеолита (Int. Spel.—73, II: Й. Динич). В смежном карстовом районе гор *Видлича*, севернее р. Нишавы, расположено Одоровачко поле. Карст распространен и на крайнем юго-востоке Восточной Сербии, где находится Беровичко поле (Петровић, 1974).

На севере Шумадии, в 25 км к югу от Белграда, возле селения Сремчица карст развит в сарматских раковистых известняках, которые покрыты понтическими глинами, размытыми в речных долинах и сохранившимися на водоразделах. На террасах долины р. Река имеется покров аллювиальных глин и лёссов. По нашим наблюдениям (1971 г.), развитый здесь карст относится к типу покрытого и характеризуется слепыми долинами с понорами в нижних частях, крупными воронками, небольшими пещерами. В самом селении находятся котловины с воронками, большая котловина Провалия (600 на 500 м) типа увала, образовавшаяся путем слияния восьми воронок, и округлое (200 на 130 м) неглубокое (1—2 м) озеро, имевшее в 1892 г., по данным Й. Цвийича, глубину семь метров. Этот покрытый известняковый карст был описан Й. Цвийичем, он отнес его к типу "мерокарста" (несовершенного карста), его детально исследовали Д. Петрович и Д. Гаврилович.

В Албании толщи мезозойских известняков, играющие основную роль в строении Динарского нагорья, рас-

падаются на отдельные участки, и карстовый рельеф в горах этой страны отходит на второй план, уступая место эрозионному. Однако и здесь в мезозойских известняках (триас, юра, мел) встречаются явления, свойственные голому средиземноморскому и горному карсту. Особенно типично для карста Средиземноморья плоскогорье *Курвелеш* на юге Албании, большая часть которого лежит ниже 1000 м над уровнем моря.

Гольй карст средиземноморского типа распространен в Греции, хотя выражен он не так ярко, как в Классическом и Динарском Карсте. По мнению А. И. Воейкова, это связано с меньшим количеством дождей и снега. Тем не менее в разных районах Греции встречается довольно полно развитый известняковый карст, с каррами, воронками, исчезающими под землю водотоками, карстовыми источниками и озерами, пещерами. В Эпире со складчатыми горами *Пинд*, которые служат продолжением Динарских гор, карст встречается в известняковых хребтах, разделенных флишевыми понижениями. Здесь, а также в расположенной южнее Акарнании закарстованы юрские и меловые известняки. В *центральной Греции* небольшие обрывистые нагорья с воронками, пещерами образованы массивными известняками.

Карст развит в Аттике и в лежащей северо-западнее Беотии. В *Беотии* карстовое Капайдское озеро периодически разливалось, теперь оно осушено и превращено в равнину с плодородными землями. На полуострове *Аттики* с семиаридным климатом подземный карст развит интенсивнее, чем в более влажных северных районах страны (Actes..., 1968: G. Mistardis). Известняковый крутосклонный массив с карстовыми формами поднимается в средней части о. *Эвбея*.

На о. *Кефалиния* (Ионические острова) закарстованы меловые известняки, частично юрские, местами триасовые известняки и доломиты. По всему острову распространены карры (желобковые и в особенности трещинные), нередко воронки поверхностного выщелачивания, эффектные провальные воронки и шахты, есть



123. Белоградчик (Болгария). Фигуры выветривания песчаников, образовавшиеся при участии выщелачивания их цемента. Фото П. В. Петрова



124. Карры к юго-востоку от Белоградчика. Фото П. В. Петрова

полье с водопоглощающим колодцем — "катавотрой", много карстовых источников (Maurin, Zötl, 19606). На северном и северо-восточном берегу исчезают морские воды (морские мельницы) (там же; Максимович, 1969a; Gams, 1974).

Горные хребты и массивы полуострова *Пелопоннес* сложены меловыми, отчасти третичными известняками. В центре полуострова расположено плоскогорье Аркадии, где известняковые хребты чередуются с горными котловинами, на востоке бессточными, имеющими поля и карстовые озера. Поля Пелопоннеса по истории формирования существенно отличаются от динарских; по геологическим данным, даже в плиocene они еще не существовали (Нико, 1970). На Пелопоннесе ярко выражены пещеры, провальные полости, "катавотры", пионером в исследовании которых был Э.А. Мартель (Martel, 1894). Пещера Глифада на юге Пелопоннеса имеет длину 3,4 км.

На о. *Крит* в строении рельефа главенствующую роль играют юрские известняки, образующие карстовые плато с воронками, провалами, полями, подземными реками, пещерами и пропастями.

В Греции интенсивно ведутся детальные спелеологические исследования, результаты которых систематически публикуются в бюллетене Спелеологического общества Греции. Исследованы глубокие пропасти: Пропантес (418 м), Проватина (405 м), Эпос (442 м; Waltham, 1974).

Результаты наших наблюдений в карстовых районах Болгарии (1968, 1974 гг.) опубликованы (Гвоздецкий, 1970, 1977), поэтому здесь мы ограничимся лишь кратким изложением последней (обобщающей) статьи, где приведены и некоторые работы по карсту болгарских исследователей (В. Попова, П. Пенчева, Л. Зяпкова).

Карст Болгарии в основном относится к горному классу. По данным В. Попова, районы распространения карста занимают 22,7% площади страны. В Болгарии интенсивно ведутся спелеологические исследования, зарегистрировано свыше 2000 пещер. Большое внимание уделяется их оборудованию и туристическому использованию (Трантеев, 19656). Самые большие пещеры Болгарии, по сообщению П.И. Трантеева, — это Духлата в известняках среднего триаса юго-западного склона горы Витоша — 11,2 км (для посещения туристов не оборудована) и Орлова Чука в известняках маастрихта на Дунайской равнине южнее г. Русе — 8,8 км (частично оборудована). В некоторых полостях обнаружен пещерный жемчуг (Чолаков, 1964). Известны карстовые полости глубиной свыше 100 м. Самые глубокие из них — Райчова Дупка в Предбалканах близ Ловеча — 372 м, Яма-1, на северо-западе страны в районе Видина, в меловых известняках — 307 м при длине 920 м (Трантеев, 1965a). Наши наблюдения над карстом Болгарии относятся к областям Предбалкан, собственно Стара-Планины, Малой Планины (южные отроги западной

части Стара-Планины), области Крайште, гор Родопы и Пирин.

На западе Предбалкан, в 15 км к северо-западу от Белоградчика, в горе Рабишка Могила, сложенной известняками верхней юры и мела, находится пещера Магура, которая славится наскальными изображениями бронзового века (8—9 вв. до н. э.), красотой и разнообразием натечно-капельных образований. В ней имеется подземный санаторий для больных астмой. Общая длина пещеры около 2,5 км. К юго-востоку от Белоградчика тянется моноклиальный куэстоподобный гребень, бронированный титонскими известняками. На его южном и относительно пологом склоне интенсивно развиты карры. Есть фигурные выступы в известняковом обрыве и останцы, а также карстовые ниши.

Карстовые ниши, пещерные отверстия, фигурные выступы скал и столбы разнообразят стены бортов долины р. Искыр, сложенные меловыми известняками, в районе Карлуково и между ним и Червен-Брягом. Ниши и углубления в обрывистых бортах каньона р. Тученицы к югу от Плевена также выработаны в меловых известняках. Интенсивно развит карст (в известняках титона) возле населенного пункта Златна-Панега. Здесь есть мощный карстовый источник Глава-Панега (дебит 2200 л/сек) в слепом конце мешкообразной долины. С помощью засоления воды установлена подземная связь этого источника с водами, поглощаемыми в русле р. Вит (в 6,5 км по прямой). Южнее Златны-Панеги расположена котловина Брестницкого поля с замкнутыми понижениями, воронками и понором (тоже в титонских известняках). С юга котловина обрамлена облесенным известняковым откосом, в верхней части которого открывается вход в сталактитовую пещеру Сыева Дупка. Особенно богатые украшения сосредоточены в Белом зале и Космосе в верхней части пещеры.

Восточнее карст распространен на всем пространстве Предбалкан, между реками Осым и Янтра, где развиты карры, карстовые котловины, воронки, пещеры, карстовые источники.



125. Карстовая воронка на вершинной поверхности Врачанской горы.
Фото П. В. Петрова



126. Пещера с руслом периодически вытекающего из нее водотока в долине р. Искрецка.
Фото П. В. Петрова

Воронки и карровые поля есть и за Янтрой, к востоку и северу от Велико Тырново. Характерны коленчатые изломы каньона притока Янтры, разрезающего край Арбанасского плато, которое сложено с поверхности аптскими известняками. Эти изломы и прямолинейные отрезки между ними указывают, что каньон развивался по системам трещин разных направлений. В окрестностях города Дряново в нижнемеловых известняках

ургонской фации выработана сталактитовая пещера Бачо Киро. В ней найдены скелеты пещерных медведей и остатки ориньякской культуры. Длина пещеры — 2,4 км.

К Стара-Планине, по-видимому, следует относить район Врачанской горы, поднимающейся над г. Враца. Значительная часть ее вершинной поверхности образована известняками титона, где много карстовых воронок, а одна из куполообразных вершин источена каррами. Неподалеку от нее находится пещера Леденика, в передней части которой накапливаются ледяные образования. Пещера богата известковыми натеками и капельниками. Особенно красивы Большой, или Концертный, зал и Белый зал. Пещера интересна также подземными каррами и дырчатыми микрокаррами ("фасетки"), гидрологически она связана с соседними объектами. Возле Леденики есть два карстовых колодца, а всего в районе Врачанской горы насчитывают 85 пещер, колодцев и пропастей.

Многочисленны пещерные отверстия в скалистых бортах Искырского ущелья, где река прорезает Стара-Планину. У Лакатника сильно закарстованы известняки среднего триаса. Из пещер наибольшая (3,2 км) — Тымната Дупка ("темная дыра"), в широкой входной части которой свод подпирают столбы из слоистых известняков. В основании известнякового обрыва вытекает карстовый источник Житолуб. Формы выщелачивания среднетриасовых известняков можно наблюдать возле Шипченского перевала.

На южных отрогах западной части Стара-Планины в известняках титона развиты карры на горе Чепын, карстовые ниши есть в ущелье р. Нишавы со средневековой Скальной церковью Разбоишского монастыря в верхней нише; в верхней части бассейна той же реки можно видеть водопоглощающие поноры, сухие ущелья, карстовые источники. Поверхностные карстовые формы есть на низкогорном плоском поднятии *Малая Планина* между селениями Раниславцы и Понор. Интересна слепая долина с ручьем, воронками и понорами в котловине Раниславского поля.



127. Мраморный естественный мост. Еркюприя. Родопы.
Фото Н. А. Гвоздецкого

Южнее Раниславского поля в известняках среднего триаса развит полужадренованный карст с воронками, котловинами, образовавшимися путем слияния нескольких воронок, и каррами.

В области Крайште карстовые явления наблюдаются в верхнеюрских известняках ущелья р. Струмы ниже г. Земен. В бортах ущелья сосредоточены ниши, пещеры, закарстованные трещины, навесы. Известняки образуют живописные останцы.

В Родобах карстовыми полостями пронизаны протерозойские мраморы. В них выработана третья по величине пещера Болгарии — Имамова Дупка (Ягодинска пещера) в Смолянском округе, длиной 6,4 км. В посещенной нами пещере Снежанка, южнее г. Пещера, множество белых натежно-капельных образований, особенно тонких сталактитов, создающих впечатление падающих дождевых струй. Величественны карстовые формы в среднегорной лесистой местности Родоп, называемой *Еркюприя*, или Чудните Мостове ("чудные мосты").

В ущелье р. Брежка на абс. высоте около 1500 м находятся два громадных естественных моста из мрамора, расположенные примерно в 120 м один от другого. Поверхность их выпуклая, какая бывает у старинных арочных мостов (ил. 127). Верхний мост — двухпролетный.

Протерозойские мраморы интенсивно закарстованы в горах Пирин, причем в высокогорье карстовые формы сочетаются с древнеледниковыми, располагаясь на днищах ледниковых цирков. У подножия крутого северного склона Пирин западнее Банско имеются шлейфы конусов выноса, образованные вюрмскими брекчиями-конгломератами из сцементированных обломков мрамора. В них есть ниши (нами они наблюдались у русла р. Бындерицы), пещеры с подземными реками и карстовые источники.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ КАРСТА ЗАРУБЕЖНОЙ ЕВРОПЫ

Во многих западноевропейских странах с карстом связаны полезные ископаемые. При характеристике карста Венгрии, Румынии и Югославии упоминались карстовые месторождения бокситов (в Венгрии — месторождения Халимба и Гант — Сабо, 1966). Они распространены также и во Франции. Ряд других рудных месторождений заполняет карстовые пустоты и депрессии: свинцово-цинковые месторождения в Каринтии (Австрия), Иглезиас в Сардинии (Италия). Широко распространены в известняковых районах бобовые и карстовые железные руды, которых особенно много на плосковерхой куэсте Швабского Альба в ФРГ. Из погребенных карстовых депрессий в Польше добывают лимонит и галенит. Во Франции (Керси) и в ГДР (Нассау, Верхняя Саксония) есть месторождения карстовых фосфоритов, а в Нассау также и марганца. В южной Польше (на Краковско-Ченстоховской возвышенности), в Чехословакии (Моравский Карст) и других странах есть карстовые месторождения глини и песков. Особенно важное значение имеют многочисленные месторождения нефти и газа, связанные с карбо-

натными коллекторами. На территории Зарубежной Европы (в ГДР, ФРГ, Нидерландах, Великобритании, Франции, Венгрии, Австрии, Румынии, Болгарии, Италии) насчитывается десяток таких месторождений и их групп (Максимович, Енцов, 1966). В ряде стран в карстовых районах сосредоточены лечебные минеральные воды. Примерами могут служить курорты Теплице над Бечвой в Чехословакии, Таполца в Венгрии.

Велика роль карстовых вод в водоснабжении городов, селений и промышленных предприятий Югославии, ряда районов Чехословакии, Венгрии, Болгарии, Румынии, Польши (Верхнесилезский промышленный район), Австрии, Швейцарии, Франции, Италии, Испании, Португалии, Бельгии, Великобритании, Ирландии. На территории Словакии карстовые источники дают 40% всех используемых для водоснабжения подземных вод (Ильин, Безвесильный, Чхеидзе, 1971). Крупные столицы некоторых государств снабжаются карстовыми водами. Например, Вена 70% воды получает из карстовых источников Альп.

Карст осложняет эксплуатацию месторождений полезных ископаемых. На севере Судетского бассейна (Польша) карстовые воды, затопляющие шахты, — серьезная помеха для добычи угля. В Венгрии тоже приходится добывать уголь в районах карстующихся пород.

О значении карста для гидротехнического строительства говорилось при характеристике Динарского Карста. Гидротехническое строительство в условиях карста осуществлялось в Испании, Франции и других странах, причем не всегда удачно (Гвоздецкий, 1954, 1972, Максимович, 1965б). Промышленное, гражданское и дорожное строительство требовали учета карстовых явлений. Карст осложнял, например, строительство металлургического комбината в г. Ченстохова (Польша). При проведении железнодорожной линии в Италии между Римом и Неаполем был пробит тоннель через гору Монте-Орсо из меловых известняков, который вошел в кровлю большой пещеры. Трассу пришлось оставить и идти

штольней в обход пещеры. Карстовые каналы и полости встречались при сооружении тоннелей на железнодорожных линиях и шоссейных дорогах в Черногории (Барович, 1976). Иногда возникают проблемы при строительстве мостов и дамб. Вместе с тем известны случаи, например во Французских Пиренеях, когда пещеры использовались в качестве тоннелей при проведении шоссейных дорог (Gèze, 1965; Waltham, 1974).

Во многих европейских странах (ЧССР, ВНР, СФРЮ, НРБ, СРР, Франция и т.д.) громадный доход приносит пещерный туризм (Int. Spel.— 73, VII). За последнее время в пещерах все чаще оборудуются санатории для страдающих астмой (там же). Кроме упоминавшихся пещер Мира (ВНР) и Магура (НРБ) пещеры Клутерт (в ФРГ) и Гомбасецкая (в ЧССР) также используются для спелеоклиматического лечения дыхательных путей, и в частности бронхиальной астмы (Rajman, Roda, Klincko, 1971).

Опыты длительного пребывания в пещерах, проведенные во Франции (М. Сифр) и Югославии (М. Велькович), ставились с целью частичной имитации условий космических полетов. Сталактитовые залы пещер Барадла (Венгрия), Постойнской (Югославия) и Сан-Михаэль (Гибралтарская скала) используются в качестве концертных.

Можно коснуться еще некоторых аспектов сельскохозяйственного использования закарстованных территорий и проводимых на них мелиоративных работ: это осушение карстовых озер с последующим земледельческим освоением их котловин в Италии, Греции; мелиорация полей в Югославии и других странах; борьба с эрозией почв, особенно в горном карсте; ограничение выпаса скота и полное запрещение выпаса коз (в Югославии); лесомелиорация карстовых районов. Важно учитывать карст при лесозэксплуатации и т.д.

Территория Зарубежной Азии отличается, с одной стороны, классическим развитием тропического останцового карста в юго-восточных муссонных областях и, с другой стороны, относительно слабым и локальным проявлением карстовых процессов во внутренних областях и на западе, что объясняется слабой влагообеспеченностью территорий с аридным и семиаридным климатом и отчасти геологическими условиями. Все же в Западной Азии, служащей продолжением южноевропейской Средиземноморской области альпийской складчатой зоны, развит голый и частично задернованный известняковый карст.

В Малой Азии (Турция) он известен в ряде известняковых горных районов *Западного Тавра*, для которых характерны воронки, пещеры, исчезающие в понорах и уходящие под землю водотоки, карстовые источники, а также поля. Карстовые поля Тавра исследовал Г. Луис. Он обратил внимание на тот факт, что борта полей горизонтально отступают за счет коррозии и перед ними возникают педименты. Днища полей образованы плоскими аллювиальными конусами (плащ глинистого аллювия препятствует углублению полей за счет выщелачивания), а сами поля Г. Луис рассматривает как расширенные части долинных систем, растущие за счет растворения бортов (см. Гвоздецкий, 1972). В Западном Тавре известна глубокая карстовая полость Дюденчик (330 м), развитая в верхнемеловых известняках. Известняковый карст встречается и в отрогах Центрального Тавра — севернее Адана, местами в Понтийских горах, а во внутренней части Анатолийского плоскогорья, в районе оз. Туз, развивается гипсовый карст.

В *Курдских горах* северного Ирака, продолжающих систему Загроса, закарстована карбонатная толща средне-мелового возраста. В доломитовых известняках этой толщи находится большая карстовая пещера Шанидар, в которой примерно 100 тыс. лет назад обитал человек. Антрополог Р. Со-

лецкий, производивший в 50-х годах раскопки в пещере, нашел в ней скелеты неандертальцев, а использование радиоуглеродного метода (C^{14}) определения их абсолютного возраста позволило датировать эти находки. Скелет неандертальца, задавленного глыбой горной породы, имеет возраст 45 тыс. лет — он стал жертвой обвала кровли пещеры. Скелет второго неандертальца имеет возраст 65 тыс. лет, а в слое, датированном примерно 70 тыс. лет до н. э., найден скелет ребенка. В этой пещере обнаружено четыре скелета "классических" неандертальцев и несколько более поздних скелетов. Экспедиция 1960 г. принесла новые находки скелетов неандертальцев, и особенно более поздних обитателей пещеры (8 тыс. лет до н. э.), с многочисленными предметами материальной культуры. В пещере собрана богатая ископаемая фауна (Nader, 1962; Kosidowski, 1974).

Иранское нагорье, как и Анатолийское, также имеет краевые хребты с известняковым карстом, а во внутренних его частях известен гипсовый и соляной карст. На территории Ирана в меловых и пермских известняках, слагающих горы на побережье Персидского залива, и восточнее, на хребте Бешагерд, встречаются карстовые воронки и исчезающие под землю водотоки. В Загросе (Иран) известна пропасть Гар-Паро (751 м глубиной) с грандиозным вертикальным стволом (Waltham, 1974), считавшаяся самой глубокой в Азии (Пещеры, вып. 10—11, 1971), но теперь уступившая первенство пропастям Снежной на Кавказе и Киевской в Средней Азии (см. гл. 2 и 3). В обрамлении восточной части Иранского нагорья карст известен в Афганистане, а также на территории Пакистана, где закарстованы массивные известняки, и в районе Сулеймановых гор, и к западу от них, в районе Кветты. Карстовые пещеры Афганистана описаны В. И. Славиным и Д. и И. Уоллейсами. Длина пещер до 1,2 км. Две из них богаты натечно-

капельными образованиями, в одной найден пещерный жемчуг (Пещеры, вып. 8—9, 1970).

В Восточно-Курдских горах, в районе Хамадана, в краевых хребтах Центральноиранского бассейна и на территории Афганистана, в бассейне Гильменда, встречаются провалы, возникающие из-за выщелачивания третичных гипсов. В районах Исфахана, Шираза и в пустыне Деште-Лут (Иран) происходит выщелачивание соли.

Голый известняковый карст известен на Аравийской платформе, в ее северо-западной части, по побережью Средиземного моря и восточнее, на территории Сирии, Ливана, Израиля, Иордании. На этом пространстве в почти горизонтально залегающих слоях известняков, чаще всего меловых, распространены карры, воронки, поля, пещеры, исчезающие водотоки, карстовые источники.

В Сирии, по данным Н.Е. Астахова, закарстованы юрские, меловые, частично палеогеновые, а также неогеновые известняки. Наиболее значительный карстовый район — западный пологий склон моноклиналичного хребта *Джебель-Ансария*, сложенного преимущественно юрскими и меловыми известняками. Здесь распространены огромные карстовые воронки (до 400 м глубиной), борта которых с западной стороны пропилены узкими, большую часть года сухими, каньонами, идущими в сторону Средиземного моря; встречаются башнеобразные останцы, карровые поля, поля, трещинные колодцы, изредка пещеры. На дне огромных воронок и полей выбивают мелкие источники, вода которых быстро исчезает под землю. Разгрузка карстовых вод происходит на морском шельфе вблизи берега и частью в окаймляющей с востока хр. Ансария рифтовой долине Аль-Габ. По литературным данным, здесь есть карстовые впадины до 3 км длиной и 150 м глубиной, с дном, выстланным глинистым материалом, в котором наблюдаются свежие провалы (Козлов, Сулиди-Кондратьев, 1963).

Менее ярко выражен карст, по Н.Е. Астахову, на простирающемся

южнее *Антиливана*; здесь он тоже развит в известняках юры и мела, а формы его представлены трещинными колодцами, полями, вскрытыми поперечными долинами, и карровыми полями на плоских водоразделах. На северо-западе страны, в пределах *Алеппского плато*, карст развит в рифовых известняках гельвет-тортона; распространены карровые поля, поля, которые вскрыты пологосклонными сухими долинами ("вади"), простирающимися преимущественно в юго-восточном направлении.

Восточнее Антиливана, близ сирийского г. Ябруда, известны карстовые пещеры, служившие убежищем древнему человеку. Севернее Антиливана, на равнине близ Хомса, за счет выщелачивания образуются значительные пустоты в плиоценовых мергелях. В некоторых районах Сирии случаются провалы, иногда крупные и глубокие — до 60 м (Козлов, Сулиди-Кондратьев, 1963).

В Ливане известна пропасть Фаур-Дара, 622 м глубиной. На территории Израиля карст типично развит в районе горы Кармель (534 м), что юго-восточнее г. Хайфа. В Иордании в долине Бекаа, к северу от Аммана, обнаружена огромная пещера (судя по величине, по-видимому, карстового происхождения), служившая у древних племен (3,5 тыс. лет назад) местом захоронения. Карры в известняках известны в НДРЙ у г. Адена. На территории НДРЙ, Йеменской Арабской Республики, Саудовской Аравии, на побережьях Красного моря и Персидского залива, выщелачиванию подвергаются приподнятые современные коралловые рифы (Kosack, 1952).

К Центральной Азии относится обширная территория Монголии, карстовые явления на которой распространены локально. Сведения о них недавно обобщил Ю.М. Клейнер (1976), использовавший и материалы собственных наблюдений. На западном склоне *Монгольского Алтая* имеется пещера в мраморизованных известняках докембрия с палеолитическими наскальными рисунками в нишах высокого (до 20 м) главного зала конусовидной формы. Мелкие и редкие карстовые формы

встречены на междуречье правых притоков Орхона — *Иро-Гола* и *Хара-Гола* (Селенгинский аймак) в протерозойско-вендских известняках. Это карры в виде довольно крупных желобов, воронки, ниши, мелкие тоннелеобразные пещеры. В протерозойских известняках низкогорий *Северной Гоби* отмечены мелкие карстовые воронки и маленькие пещеры. К югу от оз. *Хубсугул* в известняках кембрия встречаются карровые поля, воронки, ниши, мелкие пещеры и карстовые озера.

На юге Монголии карст развит в силурийских известняках. На входящих в систему *Гобийского Алтая* хребтах *Ихэ-Богдо-Ула*, *Арц-Богдо*, *Мандал-Обинском* низкогорном массиве и на островных горах возле них многочисленны карстовые ниши, каверны, встречаются небольшие пещеры. Одна из пещер севернее *Арц-Богдо* выработана в кембрийских известняках.

На юго-востоке страны известны формы гипсового карста. В гипсах среди верхнемеловых отложений в результате циркуляции подземных вод образовались пустоты. В четвертичных отложениях соляных озер развивается соляной карст. В соляной залежи оз. *Шара-Буйдын-Нур*, на северо-востоке Монголии, многочисленны мелкие воронки и провалы.

В Южной Гоби и в Синьцзяне (Китай) местами наблюдаются водопоглощения и встречаются карры ("ярданги").

К Восточной Азии относятся центральные и восточные, в основном субтропические, области Китая, а также Японии. В Центральном и Восточном Китае в известняках различного возраста распространен карст к западу от Пекина, в провинциях Шаньси, Сычуань — севернее и западнее Чунцина, в пересекаемой р. Янцзы горной области, расположенной к востоку от Красного бассейна, где он исследован вдоль р. Янцзы и в верховьях Цинцзяна (см. Гвоздецкий, 1954; Региональное карстование, 1958: Д. С. Соколов). В отмеченных районах есть пещеры, карстовые шахты, закарстованные трещины, воронки, поля, карстово-эрозионные овраги, местами карры. Наблюдаются по-

тери речной воды в закарстованные карбонатные толщи, например в Гуантинском водохранилище (верховье Цинцзяна, на западе провинции Хубэй). В субтропических районах с пышной растительностью в толщу карбонатных пород просачиваются воды, которые отличаются высокой агрессивностью (Региональное карстование, 1958: Д. С. Соколов). В северных районах Восточного Китая поверхностные карстовые формы развиты слабо, но в глубине карбонатных толщ наблюдается интенсивная закарстованность. Сталактитовая пещера Юн-Шуй-Тьюнг, в 60 км к юго-западу от Пекина, описанная Г. Буйярдом, имеет длину 860 м. В ней шесть залов, соединенных узкими проходами. В Шукатьенских пещерах близ Пекина обнаружены ископаемый питекантроп (средний плейстоцен) и палеолитическая живопись (Petrović, 1968). Пещеры есть и в средней части провинции Цзянси и в провинции Чжэцзян у Ханчжоу. В юго-восточном Сычуане отмечены воронки соляного карста.

В Японии небольшие известняковые карстовые районы и участки есть в разных частях о. Хонсю. Карст преимущественно горный, с преобладанием подземных форм. Скорость карстовой денудации, по Д. Балажу, 30—50 мм/1000 лет (Balázs, 1973). На полуострове Симокито (северная оконечность острова) в карстовых пещерах обнаружены скелеты айнов и японцев, живших в доисторическое время. Карст распространен на хр. Китаками в северо-восточной части острова. Здесь, в районе Иваидзуми, находится самая длинная пещера Японии — Акка-До (8 км). В префектуре Тотиги (средняя часть острова), у деревни Кузуу, в карстовой пещере найдены кости доисторического человека и различных животных, в префектуре Сайтама (тоже в средней части) в сталактитовой пещере Хаситате у деревни Кагемори найдены череп и орудия палеолитического человека. У западного побережья в той же части острова расположена одна из двух глубочайших карстовых полостей Японии — пропасть Оми-Сенри-До (—405 м; самая глубокая —



128. Останцовый тропический карст в Южном Китае на р. Гуйцзян южнее города Янсо. Фото В. Г. Лебедева

Биакурен-До — 450 м). Южнее есть и другие карстовые районы.

На юго-западе острова, в западной части Тюгоку, на отдельных участках развит субтропический карстовый ландшафт. Здесь располагается карстовое плато Акийоси из известняков карбона и перми, с каррами, воронками, котловинами, понорами, карстовыми колодцами, пещерами, с покровом терра-россы и богатой растительностью. Наибольшая из здешних пещер — Акийоси-До (общей длиной до 2 км) посещается туристами. В ней есть натечно-капельные образования и большой каскад куров. Голый и полузадернованный карбонатный карст с воронками и каррами развит также на о. Сикоку (плато Оногахара в префектуре Эхиме) и о. Кюсю (на плато Хирао в префектуре Фукуока) (Максимович, 1962 г; Balázs, 1973). На о. Кюсю находятся пещеры Хюрендэ, Старая и Новая. Старая пещера имеет длину 420 м, содержит сталактиты, сталагмиты, сталагнаты, драпировки и пр. Новая значительно меньше, но тоже сталактитовая, интересна ископаемой и пещерной фауной (Torii, 1961). На *Окинаве* в пещере Кюнихаани, заселенной в палеолите, найдены останки доисторического человека. Есть пеще-

ры и на островах *Сакисима*. Карст *Окинавы* и *Сакисимы* тропический (Balázs, 1973).

В Южной Азии своеобразен тропический карст Южного Китая, изучавшийся советскими и зарубежными исследователями (Лебедев, 1968; он же — Спелеология и карстоведение, 1959; Геллерт, 1966; Balázs, 1961; Šilar, 1963 и др.), работы которых использованы нами для характеристики останцов тропического карста и некоторых типов карста (Гвоздецкий, 1972). Останцовый, или фунлинный, карст (по-китайски "фунлины" — останцовые горы в виде столбов, пиков, конусов) особенно характерен для провинций Гуанси и Юньнань, но область его распространения заходит в пределы провинций Гуйчжоу и Гуандун. Особенно типичен он для района городов Гуйлинь и Янсо (северо-восточная часть провинции Гуанси), где вдоль р. Гуйцзян на обширном известняковом пространстве (до 80 км длиной и 35 км шириной) поднимаются высокие (до 150—200 м) живописные останцы, одетые тропическим лесом на крутых откосах и оголенные в отвесных известняковых обрывах (ил. 128). Карстующиеся известняки относятся к девону и карбону, имеют

разный состав, но наиболее ярко карст развит в чистых известняках среднего девона. Среди известняковых останцов располагаются почти замкнутые впадины с ровным дном, напоминающие поля. Восточнее простирается еще ряд известняковых площадей, имеющих в общем меридиональное направление. В северо-восточной Гуанси широко распространены карры, воронки, пещеры. Сталактитовая пещера Чинсинье ("гора семи звезд") в окрестностях Гуйлиня имеет длину около 1,5 км¹, состоит из обширных сухих залов и галерей, оборудована электрическим освещением, посещается экскурсантами. Представляют интерес и другие пещеры (Waltham, 1974).

К концу неогена в пределах равнинных участков среди останцов накопилась толща пестроцветных отложений разного генезиса, заполнившая все понижения и впадины между останцами. Следовательно, останцовый карстовый рельеф северо-восточной Гуанси является геологически достаточно древним, хотя современные карстовые процессы здесь не исключаются. В частности, продолжают развиваться карстовые поля, особенно те из них, которые имеют только подземный сток (Лебедев, 1968).

В Южном Китае существуют разные морфологические разновидности останцового тропического карста: то с плосковерхими останцами (башенный карст), то с коническими (конический карст), то с густо расположенными пирамидальными останцами и заостренными пиками — гигантскими карровыми ребрами. Сочетание своеобразного "столбчатого" останцового карста с карровыми поверхностями представляет знаменитый "Каменный лес" Юньнаньского нагорья (Агошков, 1961; Геллерт, 1966; Русанов, 1962; Balázs, 1961), находящийся примерно в 120 км от г. Куньмин. По вертикальным трещинам здесь произошло расчленение известняковой толщи до глубины 25—30 м на отдельные блоки, массивы, с гребнями, бороздами и щелями на поверхности, напоминающими карры. А на вертикальных стенах

массивов отвесные желоба и выступающие гребни создают впечатление столбчатой отдельности. Иногда массивы расчленены щелевидными вертикальными карстовыми ходами, расширяющимися книзу и достигающими ширины более метра. Дальнейшее расчленение приводит к обособлению малых массивов, групп столбов и столбов, стоящих изолированно друг от друга. Диаметр столбов относительно мал в сравнении с их большой высотой (Русанов, 1962). Этот тип карста занимает промежуточное положение между голым карстом с каррами и останцовым.

Тропический карст Южного Китая помимо останцов, карров, полей и пещер характеризуется еще и развитием карстовых колодцев, естественных мостов, котловин, карстовых озер. Озеро Ерхай в западном Юньнани, по данным Й. Шилара, имеет двухсторонний сток — поверхностный (в бассейн р. Меконга) и подземный (в р. Красную).

Тропический карст с крупными острыми карровыми ребрами, описанный, например, Л. Кюизинье на левобережье Меконга (см. Гвоздецкий, 1954), и останцами широко развит на полуострове Индокитай: в Бирме — на Шанском нагорье и в других районах, Таиланде, Лаосе, на севере Вьетнама, где есть также и карровые борозды, котловины, воронки, пещеры, подземные реки, исчезающие водотоки и пр. в известняках карбона и пермокарбона.

Останцовый тропический карст северной части Вьетнама охарактеризован как зарубежными (Głazek, 1966; он же — Actes..., 1968; Šilar, 1963 и др.), так и советскими исследователями (Зубашенко, 1961, 1964, 1967; Мурзаев, 1967; В. М. Фридланд). Он здесь ярко выражен и отличается зрелостью, что можно объяснить большой мощностью известняковых толщ (до 1000 м), обилием атмосферных осадков, действием карстовых процессов во все сезоны и длительностью периода континентального развития. Карстуются известняки палеозоя, причем пермокарбоновые известняки отличаются чистотой химического состава и дают резко очерченные скалистые формы останцов,

¹ По другим данным — 2,5 км (см. Максимович, 1963).



129. Затопленный в основании останцовый тропический карст в бухте Халонг (СРВ).
Фото А. А. Киселева



130. Останцы тропического карста в бухте Халонг.
Фото А. А. Киселева



131. Бухта Халонг с останцами тропического карста.
Фото А. А. Киселева

а также много крупных сталактитовых пещер с подземными реками, девонские же известняки содержат больше нерастворимых примесей и карстуются слабее, основания массивов с зубчатыми вершинами из этих известняков выположены за счет накопления продуктов выветривания. Яркие выраженные островершинные скалистые останцы с голыми отвесами и залесенными откосами резко выступают над окружающими выровненными участками.

Помимо останцов здесь распространены четко обособленные платообразные массивы с отвесными стенами, с воронками, карстовыми шахтами и каррами на вершинной поверхности (Зубашенко, 1964). Много подземных рек, по которым зачастую можно плыть в лодке на несколько километров или, проплыв немного в пещерном тоннеле, выйти опять на поверхность (там же; Мурзаев, 1967). Многочисленны крупные пе-

щеры, карстовые котловины, мощные источники. В бухте Халонг карстовые останцы затоплены в основании (на 20—30 м, по Й. Шилару) морской водой (ил. 129), и образовался изумительный по красоте морской пейзаж со скалистыми островами (там же; Šilar, 1963).

Карры и пещеры развиты в пермочервоновых известняках центральных гор полуострова Малакка.

В Индии в горах Ассама (хребты Паткой и Нага) известны карстовые воронки и исчезающие водотоки, а в южных Гималаях, в долине Найни,—воронки и маленькие поля (Kosack, 1952). В Гималаях Кашмира имеются участки голого известнякового карста с пещерами. В одной из естественных пещер района Джомолунгмы оборудован храм (Waltham, 1974).

Островная Южная Азия включает карстовые районы о. Шри Ланка и Малайского архипелага. На о. Шри

Ланка, по данным К. Куларатнама, имеются два типа известняковых слоев: известняки миоцена (коралловые) на севере и северо-западе острова и кристаллические известняки и доломиты архейского комплекса в центральной, гористой, части. М. Сифр (Siffre, 1975) исследовал красивые коралловые гроты полуострова Джафна (по данным чехословацкой экспедиции 1977 г., крупные пещерные полости здесь целиком заполнены водой) и ряд пещер в горах, в том числе пещерный тоннель с вытекающей из него подземной р. Вольпан и пещеру Истрипура (600 м длиной) в центре острова, на берегу р. Махавели.

Известняковый тропический карст с многочисленными останцами в виде холмов, конусов и каменных башен, воронками, депрессиями, полями, сухими долинами, пещерами, с карстовыми источниками широко распространен на островах Малайского архипелага (Balázs, 1968, 1970, 1971; Verstappen, 1969). Закарстованные территории в большинстве случаев сложены известняками миоцена и эоцена, но на Суматре преобладают известняки карбона. Начало карстообразования обычно падает на плиоцен-плейстоцен. Средняя скорость карстовой денудации, по Д. Балажу (Balázs, 1971), составляет 85 мм/1000 лет (его данные по различным островам и пунктам (Balázs, 1968) см. в приложении № 1). Большинство закарстованных территорий покрыто первичными джунглями, а там, где они вырублены, — травянистой растительностью.

Многочисленны карстовые районы в центральной Суматре (в горах против Паданга), вдоль северного и южного побережий Явы (на южном — конический карст Гунунг Севу и др. — Balázs, 1968; Verstappen, 1969), в северной и восточной частях Калимантана (в малайзийском штате Саравак есть гигантские пещеры), в юго-западной части Сулавеси, на Молуккских островах, например на о. Буру (Balázs, 1968). Из упомянутых районов пользуется большой известностью юго-западный Сулавеси с конусовидными и округловершинными останцами, образующими разновидности

кегелькарста, полями, оригинальными грибовидными, испещренными каррами останцами на окраинных карстовых равнинах (Balázs, 1968; Sunartadirdja, Lehmann, 1960). Тропический карст характерен для многих районов Филиппинских островов, там выделяется несколько морфологических типов (Int. Spel. — 73, II; D. Balázs), в том числе классически выраженный куполовидный карст (Waltham, 1974).

Практическое значение карста Зарубежной Азии многообразно. Во многих странах с карстом связаны полезные ископаемые: руды марганца (Китай: месторождение на р. Янцзы, близ Нанкина), бокситы (Китай, северная часть Вьетнама, Турция — см. Гвоздецкий, 1972), фосфориты (в сталактитовых пещерах Явы — см. Нарчешавили, Соколов, 1963), нефть и газ (Иран, Ирак, Турция, Саудовская Аравия, Катар, Бахрейн, Нейтральная зона, Сирия, Израиль, побережье Омана, Афганистан, Пакистан, Индонезия (о. Ява), Китай) (Максимович, Енцов, 1966). Карстовые воды используются для водоснабжения. С развитием карста в разных странах, например в Сирии (Козлов, Сулиди-Кондратьев, 1963), приходится считаться при строительстве дорог, домов и ирригационных сооружений. В Китае при решении задач гидроэнергетики пришлось начать изучение карста в среднем течении р. Янцзы и в других районах (Региональное карстоведение, 1958: Д. С. Соколов). Во Вьетнаме велось исследование карста в связи с проектированием водохранилища на р. Да близ Хоабиня (Л. А. Молоков). В карстовых районах северной части Вьетнама из-за фильтрации воды затрудняются поливы риса. По мнению Э. М. Мурзаева (1967), в таких местах следует расширять площади под ценными и доходными культурами, не нуждающимися в искусственном орошении (табак, арахис, цитрусовые).

Наиболее широко и полно карст развит на Северо-Западе Африки в горах Атласа (Марокко—Алжир), относящихся к альпийской складчатой зоне. Здесь в юрских и меловых карбонатных породах, преимущественно известняках, встречаются участки типично выраженного голого и горного карста с каррами, воронками, полями, естественными мостами, исчезающими водотоками, пещерными реками, воклюзскими источниками (подробнее о карсте Африки см.: Максимович, 1964). В глубине известняковых массивов много пещер, далеко вглубь от поверхности уходят многочисленные карстовые шахты и пропасти.

Еще Э. А. Мартелю было известно, что на хребте *Джурджура* в Алжире на высоте около 2000 м расположены глубокие карстовые колодцы со снегом. Позднее здесь обнаружили пропасть Ану-Буссуй (более чем полукилометровой глубины), вход в которую находится на высоте около 1700 м. Известняковые вершины этого хребта голы и бесплодны. Другая глубокая пропасть Атласа, Фриуато, скрыта в лесной чаще Корн-эль-Кебира на высоте 1600 м в горах *Среднего Атласа* (Марокко). Ее глубина, по Н. Кастере (1956), — 210 м, по более поздним данным — 271 м. Н. Кастере (1964б, 1974) вместе со своей супругой Э. Кастере исследовал и другие глубокие пропасти и большие пещеры в горах Среднего Атласа. Здесь, в Тазекке, юрские известняки, перемежающиеся со сланцами, изборозжены трещинами, которые образуют глубокие шахты и пропасти и являются, по О. Бернару, причиной исчезновения рек. Пропасть Кеф-Тикхубай имеет глубину 310 м. Х. Меншинг описал в Среднем Атласе формы своеобразного известнякового карста, развивающегося под покровом базальтов. На поверхности базальтового плато в результате обрушения базальтового покрова в образовавшиеся под ним полости возникли провальные воронки. Нами этот карст отнесен к типу бронированного

(Гвоздецкий, 1972). В Среднем Атласе карст развит в районе "коридора Тазы", т. е. в проходе между хребтом Средний Атлас и Рифом. На севере этой области (Риф) пропасть Тогхобейт имеет глубину 700 м и протяженность 3,6 км. Пещера р. Шара (Средний Атлас, Таза) имеет длину 6,2 км, пещера Шикер (там же) — 2,9 км при глубине 146 м. Самая длинная пещера Марокко находится у Иммузера (Агадир) — Вит-Тамдун (7,5 км).

На меловом плато *Сеттат*, к югу от марокканского города Сеттат, в горизонтально залегающих известняках создан своеобразный рельеф карстовых плато, которые местное население называет "гада". На западе Марокко воды рек, стекающих с западной части Высокого Атласа, просачиваются в слои меловых известняков.

В западной части Алжира, в *Оранском Телле*, обнаженные юрские известняки образуют карстовые плато, напоминающие, по О. Бернару, плато типа "кос" Центрального Французского массива. Эти плато, почти лишенные растительности, протянулись с запада на восток более чем на 300 км. В мощных (свыше 400 м) карстующихся известняках есть пропасти, пещеры, пещерные реки, исчезающие и вновь появляющиеся на дневную поверхность водотоки. Подземная р. Тафна на плато Терни в районе Тлемсена прослежена на 3,9 км. По краям основания плато выбивают мощные воклюзские источники. Восточнее известняковый карст широко развит в районе Константины, где в меловых известняках, слагающих *прибрежные цепи Атласа*, развит типичный голый карст с каррами, воронками, полями, пещерами, естественными мостами (Kosack, 1952). В разработанном по системам трещин в верхнемеловых известняках *каньоне р. Руммеля* (О. Бернар) имеется ряд естественных мостов, скрывающих воды реки.

В Тунисе выделяется размерами (267 м по вертикали, длина 1,7 км)

пропасть Джебель-Серди (Кайруан). Около Меденина в доломитах перми есть пропасть Джебель-Саикра, представляющая собой систему карстовой воронки, которая соединяется глубоким колодцем с пещерой, расположенной ниже. В Тунисе и Алжире в ряде пещер найдены каменные орудия первобытных людей.

Характерная ландшафтная особенность африканского Средиземноморья, по О.Бернару и И.П.Герасимову, — безводье известняковых районов и широко распространенные красноцветные почвы типа терра-росса. На северо-западе Африки помимо известнякового карста развит гипсовый. Воронки с вертикальными бортами образуются в гипсах триаса. В Марокко, Алжире и Тунисе встречаются формы соляного карста — ванны, воронки с понорами, колодцы, также приуроченные к породам триаса (Максимович, 1964; Kosack, 1952).

К югу от Предсахарского Атласа, на переходе к Сахаре, распространены впадины карстового происхождения, в которых после грозových дождей накапливаются воды. По О.Бернару, эти многочисленные неглубокие впадины четко выделяются из-за растущих в них атласских фисташковых деревьев. Известняковые гамады сахарских областей Марокко, сложенных с поверхности олигоцен-миоценовыми известняками, испещрены многочисленными замкнутыми депрессиями — "дэя", занимающими суммарно 4—5% (на западе до 10%) площади гамад (Proc. 71SC — 77, p. 98—101). В Сахаре имеются участки каменистой пустыни из водопроницаемых известняков, зарегистрированы все поверхностные карстовые формы — от карров и воронок до полей, у подножий горных массивов исчезают временные водотоки (Гвоздецкий, 1954; Gavrilović, 1973; Kosack, 1952).

Г. Конрад, Б. Жез и Г. Палоц в разных районах Сахары отмечают карры, замкнутые депрессии, сухие долины, мелкие каверны в вертикальных стенах ("таффони") и ниши в песчаниках, небольшие естественные колодцы и пещеры, редкие источники. Относительно интенсивное развитие карста

в Сахаре эти авторы объясняют в основном более влажными условиями предшествующих периодов, в особенности плювиальных эпох плейстоцена, приблизительно синхронных с ледниковыми эпохами Европы, а современные карстовые процессы отрицают (Actes..., 1968; G. Conrad, B. Gèze, H. Paloc). Выщелачиванию подвергались не только чистые известняки, но и третичные песчанистые и глинистые известняки, карбонатные песчаники и мергели (Gavrilović, 1973). Образование пещер в палеозойских песчаниках нагорья *Тибести* в Республике Чад (Гаврилович, 1969) происходило вследствие химического разрушения вдоль тектонических трещин. Эти пещеры имеют, по-видимому, карстово-суффозионное происхождение и иногда представляют археологический интерес (в пещере Кешу обнаружены каменные орудия палеолита и неолита). В кристаллических сланцах того же нагорья тоже наблюдаются пещеры, которые разработаны химическим разрушением породы вдоль тектонических трещин. В обоих случаях процессы выщелачивания развивались во влажные эпохи третичного и четвертичного времени (там же). Однако, судя по распространению в Сахаре карров (которые были бы разрушены физическим выветриванием, если бы образовались давно), современные процессы выщелачивания хотя и слабо, но, очевидно, протекают. В пещерах Сахары известны рисунки палеолитического человека (Petrović, 1968).

В *Триполитании* (Ливия), в береговой зоне, отделяющей от моря приподнятую скалистую окраину сахарского плато, развиты формы гипсового карста: впадины округлой и продолговатой формы и пр., а на Средиземноморском побережье в известняках плейстоцена развит морской карст. На плато *Киренаики*, или Барка, горизонтально залегающие пористые третичные известняки изобилуют пещерами, воронками, каррами. Имеются поля, карстовые источники. В одной из пещер обнаружены каменные орудия позднего палеолита. На поверхности известняков развита терра-росса. В больших карстовых котловинах, где в виде источников



132. Морской карст в известняках плейстоцена на Средиземноморском побережье Ливии к западу от города Триполи. В месте, обозначенном крестиком, для масштаба положена крышечка от фотоаппарата. Фото В. Г. Полякова



133. Уступ абразионной террасы Средиземноморского побережья Ливии с формами морского карста и пустынного выветривания в известняках плейстоцена. Представление о масштабе дается подставкой для яиц (30 на 30 см) в средней части снимка. Фото В. Г. Полякова

выходят карстовые воды, создаются условия для существования оазисов. Голый известняковый карст с каррами, пещерами (предположительно полями) отмечен на севере *Ливийской пустыни*. С древним погребенным карстом в известняках Ливии связана нефтеносность (Максимович, 1964).

В гропической Восточной Африке тольй и горный известняковый карст с каррами, воронками и пещерами распространен в меловых известняках на юго-восточном склоне Абиссинского нагорья, на плоскогорье *Галла* и в районе *р. Джубы* (Эфиопия), а также в Сомалийской ступенчатой стране: окрестности эфиопского г. Харара и между Хараром и Бербера в Сомали. Интенсивным развитием карста выделяется район *р. Джубы*, в истоках которой расположена историческая область Бале. Приток Джубы, Веби-Джуба, на одном из отрезков течет под землей. Для Уиндлоундской пещеры характерны сталактиты, сталагмиты и колонны (Максимович, 1964). В Бале есть большие пещеры: Соф Омар (свыше 15 км), Нур Мохамед (2,5 км).

Известняковый и отчасти доломитовый карст отмечен в районах Субэкваториальной и Экваториальной Африки. Имеются довольно подробные сведения о карстовых явлениях одного из районов на севере

Гвинеи, около г. Мали, в предгорьях северного края массива Фута-Джаллон. Карст развит здесь в кембрийских известняках, разбитых трещинами во время герцинского орогенеза, когда происходили излияния долерита, образовавшего местами покровы над кембрийской известняковой толщей. Там, где известняки не прикрыты долеритами, простирается ландшафт саванны с глубоко изрытым холмистым рельефом.

Карстующиеся кембрийские известняки мелкозернисты, слегка кремнисты (до 6% SiO_2), с небольшим количеством других примесей (CaO около 50%). Они содержат тонкие (2—20 мм) кремнистые прослои (47% SiO_2) с примесью хлорита и иллита, которые выступают в известняковых обрывах в виде небольших карнизов.

В холмистой местности под массивом Ланса имеется неглубокий (10—20 м) каньон, юго-восточная стена которого зачастую покрыта сталактитовыми занавесями, травертиновыми натеками и свисающими с карнизов мелкими (1—10 см длиной) сталактитами. На холмах к северо-западу от каньона в горизонтально залегающих известняковых слоях наблюдаются коррозионные углубления, форма и величина которых обусловлены кремнистыми прослоями (по-видимому, нечто среднее между лунковыми и описанными нами на

Алтае структурными каррами). Наличие натежно-капельных образований только на юго-восточной стене каньона объясняется большей инфильтрацией дождевых вод под массивом Ланса, чем в местности, простирающейся далее на ЗСЗ. Эта холмистая местность напоминает тропический куполовидный карст (Kužvart, Neužil, 1965).

Карст распространен также в верховье Нигера, в синклинальной долине Ниари (Конго) и Ньянга (Габон), где в докембрийских известняках развит останцовый (конический) карст, есть также воронки, пещеры и пр., на горе Элгон в Восточной Экваториальной Африке (на границе Уганды и Кении), в оз. Руква (Танзания), на нагорье Митумба (Заир), в Замбии. Пещера Ндули на юго-востоке Танзании (Кибата) имеет длину 3,5 км.

В северо-восточном Габоне распространен своеобразный и медленно развивающийся карст в массивах из железистых кварцитов, богатых гематитом. В них имеются разветвленные пещеры с галереями, залами и подземной циркуляцией воды. Г. А. Максимович (1975), описавший эти явления по данным Г. Мареско, называет их силикатным брадикарстом (от греческого "брадис"—медленный, слабый).

В Южной Африке известняковый и доломитовый карст развит на платформе *Газеленда*, восточнее низовья Лимпопо (Мозамбик), в горах Намибии, в опустыненных саваннах *Калахари*, на возвышенности Квайхэйб, в северо-западной Ботсване—пещера Дротски и др. (Proc. 7 ISC—77, p. 123), на плато *Кап* и в других горных районах (ЮАР). Пещерная система Кэнгоу в Южной Африке имеет общую длину около 2 км, отличается внушительными размерами отдельных залов: высота зала Мастерская Дьявола—29 м, длина зала Ван-Зила—98 м, ширина—49 м, высота—более 15 м (в нем находится сталагмит Игла Клеопатры высотой 9,5 м, возраст 150 тыс. лет). Кроме сталактитов и сталагмитов встречаются геликтиты и кристаллы. Пещеры Трансвааля Апокалипс-Потхоул и Вандэфонтейн имеют длину 10,8 и 9,3 км.

В Зимбабве и ЮАР известна пещерная живопись палеолитического человека (Petrović, 1968).

Известняковый карст распространен на о. Мадагаскар, где карстовые явления развиты, по А. С. Баркову, в меловых известняках ступенчатого западного склона нагорья. Карстовые формы ярко выражены на известняковых плато, расчлененных глубокими ущельями, что позволило французским авторам писать о мадагаскарских "кос". Пещера Андрафиаб на севере острова достигает 8,3 км.

Карстовые явления в четвертичных и современных коралловых известняках развиты в районах восточноафриканского океанического побережья и по берегу Красного моря, особенно южнее Массауа, где есть не только формы поверхностного выщелачивания, но и пещеры (Kosack, 1952).

Практическое значение карста Африки. Прежде всего это месторождения различных полезных ископаемых, приуроченных к карстовым районам. Крупные месторождения нефти и газа в Египте, Ливии, Марокко, Сенегале, Габоне, Конго и Анголе находятся в карбонатных карстовых коллекторах (Максимович, 1964; Максимович, Енцов, 1966). Одно из важнейших—ливийское нефтяное месторождение Целтен с самой высокодебитной скважиной в Африке. Нефть здесь содержится в закарстованных рифовых кавернозных известняках палеоцена, в которых встречаются большие погребенные полости. Второй продуктивный горизонт выявлен в известняках верхнего мела. В сравнении с европейскими месторождениями запасы нефти в Целтене весьма значительны.

Тесно связаны с карстом месторождения цветных металлов (меди, свинца, цинка, ванадия и др.) Отави-Цумеба в Намибии (Гвоздецкий, 1954; Максимович, 1964). В Замбии на известном месторождении ванадиевых и свинцово-цинковых руд Кабве (Брокен-Хилл) подземными выработками вскрыты полости в известняках палеозоя с кристаллами гопейта (фосфата цинка), ванадинита и других минералов, содержащих ванадий,

цинк, свинец и пр. Возле Кабве и западнее Бахн имеются пещеры в доломитах с бобовой рудой. Аналогичные пещеры есть и возле Цумеба в Намибии (Максимович, 1964). А.Е.Ферсман (1952) отмечал концентрацию золота и алмазов в карстовых воронках и полостях ряда месторождений Африки. На гроты с залежами гуано промышленного значения в марокканских горах Среднего Атласа указывал Н.Кастере (1964б, 1974). Гуано добывается в пещере Каймейлина (Kimalia Cave) в Кении (Waltham, 1974).

Полости "брадикарста" в железистых кварцитах с гематитом северо-восточного Габона несомненно влияют на разработку этих богатейших железорудных месторождений (Максимович, 1975). Проходка подзем-

ных выработок и эксплуатация золоторудного месторождения Блейворейтзихт (ЮАР) осложняются притоками карстовых вод из известняково-доломитовой толщи (Максимович, 1964).

В ряде районов Африки карст осложняет гидротехническое строительство. Карстовые воды используются для водоснабжения населенных пунктов и пустынных оазисов, но безводье поверхности известняковых районов затрудняет сельскохозяйственное использование территории. Распространенные в африканском Средиземноморье красноцветные почвы типа терра-росса развиваются на известняках при участии процессов выщелачивания. На них возделывают различные культурные растения.

Глава VII. КАРСТ АВСТРАЛИИ И ОКЕАНИИ

На Австралийском материке карст развит преимущественно в известняках, в том числе доломитистых и доломитовых, реже в доломитах. Диапазон возраста карстующихся карбонатных пород весьма широк — от кембрийского до четвертичного. Физико-географические условия формирования карста также очень различны: они изменяются от пустынных до влажных тропических. Карстовые воды имеют большое значение для питания постоянных рек и играют важную роль в формировании физико-географических условий.

В Австралии намечается значительное количество карстовых областей и районов. Чешский географ-карстовед И. Данеш и, по его данным, французский исследователь Ж. Шабо выделили всего три группы карстовых регионов: 1) группу горных областей Востока со складчатыми палеозойскими известняковыми толщами; 2) платформенные области горизонтально-слоистых известняков, образующих большую равнину Севера; сюда же присоединена область третичных известняков бассейна Муррея; 3) районы дюн из четвертичных известковых песчаников мыса Луин и береговых четвертичных известняков в окрестностях Перта (Гвоздецкий, 1954; Максимович, 1962а). Последующими исследованиями установлено значительно более широкое распространение карстовых явлений в Австралии. Г. А. Максимович выделил 11 карстовых областей, при этом первая область — Восточно-Австралийская — включает семь районов, в некоторых других областях также находится по нескольку районов. Лучше изучен карст более населенных восточных и юго-восточных частей страны.

В Восточной Австралии, в системе Восточно-Австралийских гор (Большого Водораздельного хребта и его западных отрогов) с герцинской складчатой структурой, дислоцированные и частично метаморфизированные (иногда мраморизованные) палеозойские известняковые толщи

образуют ряд горных и холмистых карстовых районов и карстовых плато: Чиллаго, Олсен, Дженолен, Веллингтон, Уомбейн, Кулимэн, Южное Плато Нового Южного Уэльса, Яррангобилли и Бахан. Во всех районах есть пещеры, в северных районах (Чиллаго, Олсен), относящихся к Квинсленду, — останцовый тропический карст, карры, в частности тропического типа, с острыми режущими гребнями. В Чиллаго большинство обнаженных известняковых скал испещрено крупными и мелкими каррами, в том числе желобковыми. Карстуются здесь верхнесилурийские и нижнедевонские известняки (Proc. 71 SC — 77, p. 294). Останцы тропического карста, во всяком случае в районе Чиллаго, имеющем сезонно-влажный тропический климат и получающем сравнительно немного осадков (500—1000 мм, в большинстве случаев около 775 мм в год), рассматриваются как реликт влажного третичного времени. В этом районе известны также котловины, воронки, поноры, исчезающие и пещерные реки, сухие русла, колодцы, многоэтажные пещеры с натечно-капельными образованиями. Пещеры Олсена располагаются в три этажа; они сухие и беднее других пещер Восточной Австралии сталактитами и сталагмитами.

Особенно известны Дженоленские пещеры Нового Южного Уэльса в известняках силура, с крупными полостями (Мамонтова пещера — 3,5 км), украшенными разнообразной формы сталактитами, сталагмитами, живописными драпировками и занавесями, служащие туристическими объектами. В районе Дженолен есть и карстовые колодцы. В меньших по размерам Веллингтонских пещерах, тоже с натечными образованиями, найдены кости ископаемых сумчатых животных. В пещерах Уомбейн, сухих и с пещерными ручьями, также обнаружены ископаемые животные.

Равнина Кулимэн в средней части прибрежной полосы Нового Южного Уэльса, представляющая собой

денудационную поверхность абс. высотой более 1250 м и сложенная моноклинально залегающими силурийскими известняками, принимает сток со склонов соседних гор из кристаллических пород. В неогене, перигляциальных условиях плейстоцена и голоцене усложнялась ее долинно-гидрографическая сеть, разрабатывались водопоглощающие поноры и в конечном итоге регрессивно росла сухая долина. В голоцене воды поглощались уже у "тылового шва" известняковой равнины. В связи с развитием сухих долин района возникали пещеры и единичные воронки (Int. Spel.— 73, II: J. N. Jennings).

Равнина Кулимэн в подземной своей части гидрографически связана с *Южным Плато* Нового Южного Уэльса, где в силурийских известняках района Бангония-Крик на абс. высоте 400—600 м находятся выделяющиеся глубиной пещеры Австралийского материка, несколько уступающие наиболее глубокой полости Эгль-Нест (174 м) в районе Яррангобилли. К ним относятся: Одиссей-Кэйв (148 м) и Аграйл-Хоул (128 м), которые состоят главным образом из вадозных шахт, Фоссил-Кэйв—Хоганз-Хоул (131 м), Грилл-Кэйв (126 м), Драм-Кэйв (125 м), представляющие собой карстовые полости типа пропастей с более отлогими и горизонтальными ходами в глубине, особенно у системы соединяющихся Фоссил-Кэйв и Хоганз-Хоул (Int. Spel.— 73, III: J. N. Jennings, J. M. James). Глубокие карстовые полости образовались в условиях ранней медленной фазы омоложения рельефа (ее можно видеть в геоморфологических профилях долины реки), которая вызвана поднятием в третичное время. Район Бангония-Крик отличается характерными особенностями карстовой гидрографии—здесь имеются исчезающие и подземные водотоки и карстовые источники.

К западу от Канберры, около Тумута, находится известняковое (силур или девон) карстовое плато *Яррангобилли*, около 1100 м абс. высоты, где в водопоглощающих воронках, которыми открываются пещеры, исчезают реки, текущие с соседних сланцевых гор. В дальних ча-

стях пещер наблюдаются натеchno-капельные образования. В долине р. Яррангобилли известны два карстовых источника. Самый южный карстовый район системы Восточно-Австралийских гор— "Страна пещер" *Бахан* в восточном Гипсленде (Виктория), между реками Бахан и Марриндэл. Пещеры находятся в известняках среднего девона, имеют разнообразные сталактитовые образования. Ходы их почти горизонтальные. На севере есть несколько естественных колодцев. Пещеры располагаются на уровнях речных террас. Они образовались в конце плиоцена и во время плейстоцена (Sweeting, 1960).

На севере и в центре Австралии, в Северной Территории выделяется обширная карстовая область плато Баркли, сложенного почти горизонтально залегающими кембрийскими известняками. Здесь много провальных воронок с отвесными стенами, образовавшихся путем обрушения сводов пещер. К обнаженным плитам известняка приурочены карры. В суходоях встречаются блюдцеобразные воронки поверхностного выщелачивания. Есть поноры, карстовые колодцы, шахты и пещеры, карстовые озера, часто пересыхающие. Там, где область Баркли продолжается к юго-востоку, находится карстовая область истоков Даймантины в Квинсленде, с воронками в меловых известняках. В центре материка, в пределах Северной Территории, особенно на хребте *Макдонелл* (Kosack, 1952), развиты воронки, поля и пещеры в метаморфизированных известняках нижнего палеозоя и песчаниках с растворимым цементом.

На севере Западной Австралии выделяется карстовая область бассейнов рек Леннарда и Фицроя, представляющая собой систему передовых известняковых хребтов и плато юго-западного макросклона хребта Кинг Леопольд. Сюда входят хребет Напиер, хребет и плато Оскар и соседние с ним известняковые горы в бассейне Фицроя—хребты Гейки, Пиллара и др. Закарстованы здесь главным образом средне- и верхнедевонские рифовые известняки. Распространены пещеры, разного типа



134. Замкнутая карстовая депрессия в бассейне Фицроя у подножия хребта Кинг Леопольд.
Фото из работы Д. Дженнингса и М. Свитинг (1963)



135. Карры на хребте Напиер.
Фото из работы Д. Дженнингса и М. Свитинг (1963)

карры, воронки, в том числе проваль-ные, депрессии, карстовые колодцы, сухие каньоны, карстовые источники и участки останцового башенного карста (Jennings, Sweeting, 1963a; Jennings, 1969). Восточное звено хребта Напиер, образованное рифовыми известняками верхнего девона, пересекается руслом Туннель-Крика в пещерном тоннеле (Jennings, Sweeting, 1963b; Sweeting, 1972). В прибрежных частях Западной Австралии выделяются карстовые районы *Дампира* (на юго-запад от низовья Фицроя) и Ашбертон—Гаскойн (на западном выступе материка) с пещерами и каррами в меловых и юрских известняках (Kosack, 1952). На юге Западной Австралии располагается карстовая область *Суонленда*, где в береговых четвертичных известняках широко распространены пещеры, в том числе сталактитовые, и карры, развитые повсюду вдоль побережья.

Замечательная карстовая область Юга Австралии—*безводная* равнина Налларбор. Она простирается на север от Большого Австралийского залива и охватывает южные районы как Западной, так и Южной Австралии. Это плоское пустынное (на юге полупустынное, с ксерофитными кустарниками) плато, 150—250 м высотой, полого наклоненное в сторону океана, обрывается к нему крутым и отвесным абразионным уступом, высотой примерно 100 м или несколько меньше. Плато сложено почти горизонтально залегающими известняками, имеющими возраст от

среднего эоцена до нижнего миоцена. Из-за малого количества атмосферных осадков скорость химической денудации здесь ничтожна, по данным Д. Балажа—1 мм/1000 лет, но химическое растворение сопровождается физическим (инсоляционным) выветриванием, при котором мелкие фракции удаляются воздушным путем. Вследствие большой водопроницаемости трещиноватых и кавернозных известняковых толщ равнина Налларбор полностью лишена поверхностных водотоков, на ней не образуются даже временные потоки после дождей. Путешествующим по равнине приходится везти с собой воду или пользоваться водой далеко не лучшего качества, собранной во время скудных дождей в "танках" либо подземных резервуарах. По поверхности рассеяны крупные, но неглубокие карстовые воронки и маленькие блюдца, вокруг воронок встречаются нетипично выраженные карры, изредка открываются устья пещерных полостей и карстовых колодцев, отверстия (в виде поноров) проникающих через известняки подземных каналов. Довольно часты провалы, которые образовались при обрушении сводов пещер. Пещера Малэймалэнг более 10 км длиной (самая большая на материке), 125 м глубиной. Глубокие пещеры достигают регионального уровня подземных карстовых вод. На дне Большого Австралийского залива выходят напорные воды глубинных горизонтов (Balázs, 1974; Lowry, Jennings, 1974).

Восточнее равнины Налларбор в Южной Австралии, Новом Южном Уэльсе и Виктории выделяются район *хребта Лопти* с закарстованными кембрийскими известняками и карстовая область Муррея с пещерами и формами выщелачивания третичных известняков.

На интенсивное развитие карста в южной части Австралии указывают мощные субмаринные источники, встречающиеся в ряде пунктов у берега. Местами вдоль побережья "море буквально кипит от восходящих токов пресной воды" (Davis, 1930, p. 497).

Общим шельфом связан с Австралийским материком о. Тасмания. Наиболее ярко карст представлен здесь в ордовикских известняках, где известно множество пещер со сталактитами, сталагмитами, колоннами, подземными реками. Встречаются сталактиты в виде полых трубочек до 4,5 м длиной, которые считаются наиболее длинными в мире образованиями этого типа (Максимович, 1962а). В районе Моул-Крика в ордовикских известняках имеются пещеры с подземными реками, карстовые источники; для выяснения подземных гидрографических связей производилось окрашивание исчезающих вод флуоресцеином (Jennings, Sweeting, 1959). Несколько пещер развито в докембрийских доломитах, пермских и третичных (о. Флиндерс) известняках. Всего в Тасмании зарегистрировано около 600 карстовых пещер. Некоторые полости очень глубокие, даже глубже, чем на соседнем материке: Хазад-Дам — 322 м, Колдрэн-Пот — 263 м, Тэсси-Пот — 231 м, Мини-Мартин — Экзит — 220 м и др. В Тасмании сосредоточены 13 из 15 глубочайших карстовых полостей Австралии. Пещера Экзит (17 км) также не имеет равных на материке (Proc. 71SC — 77, p. 311).

С северной стороны с Австралийским материком широким шельфом соединен громадный о. Новая Гвинея. В тропических и горных лесах его встречаются разнообразные карстовые формы, в том числе формы тропического останцового карста и характерные для тропиков карры с острыми ребрами и пиками. В западной

части острова, в Индонезии (Ириан-Джая), на полуостровах Доберай (Чендравасих) и Бомбарай имеются многочисленные районы известнякового карста с коническими холмами, а также горного. Карстуются неогеновые известняки, на юго-востоке полуострова Бомбарай — палеогеновые. В районе Айамару на полуострове Доберай есть крупное (около 20 км длиной) поле. В горах полуострова Бомбарай в палеогеновых известняках распространены польеподобные замкнутые депрессии, воронки, развиты подземные гидрографические системы. Далее, в сторону восточной границы Ириан-Джая в осевой полосе острова тянутся высокие горы *Центрального Горного Хребта*, в строении которого принимают участие мезозойские и палеогеновые известняки. Местами в этих высокогорных районах имеются многочисленные воронки, глубокие депрессии и исчезающие под землю реки (Balázs, 1968).

Карстовые явления в западной части о. Новая Гвинея были обнаружены во время экспедиции на высшую вершину острова — гору Карстенс (5029 м) и при картографировании территории. Шведский путешественник Э. Лундквист образно описал распространенный в Ириан-Джая ландшафт тропических карровых полей в известняках — каменный хаос с острыми режущими пиками и ребрами и назвал его "страной битого стекла". Карры здесь находятся под пологом искривленных деревьев и кустарника, среди которых иногда поднимаются прямоствольные колонны исполинских копаловых деревьев. "Словно часовые, стоят они посреди причудливого ландшафта, поднимая свои кроны бесконечно высоко над истерзанным хаосом" (Лундквист, 1958, с. 283).

В горах Стар центральной части Новой Гвинеи, рассекаемых границей индонезийской части острова (Ириан-Джая) и Папуа — Новая Гвинея, закарстованы известняки различного характера в разных высотных ярусах вплоть до высокогорья (абс. высота свыше 4000 м). На высоте 1000 — 2000 м в экваториальном лесу распространен интенсивно

развитый и своеобразный тропический карст с пирамидальными возвышениями и крупными воронками, названный "лабиринтовым карстом". Он развит в коралловых известняках. Выше, в пределах 2000—4000 м, к коралловым известнякам приурочены формы типичного для тропиков останцового конического карста (кегель-карста), а к плотным фораминиферовым известнякам — комплекс разнообразных карстовых форм, напоминающих карст умеренного пояса. Наконец, для альпийской высотной зоны, превышающей 4000 м, характерны карры, скорее всего трещинные, и уходящие по вертикали вглубь крупные пещерные полости (Verstappen, 1964).

Карстовые формы встречаются и на территории Папуа — Новая Гвинея. В передовых хребтах на юге между реками Флай и Кикори под девственным лесом скрываются пещеры, воронки, провалы. Карстовый процесс охватил также покрытые глиной и поросшие экваториальным лесом коралловые известняки (Максимович, 1962а; Kósack, 1952). Многочисленные спелеологические экспедиции, исследовавшие восточную половину о. Новая Гвинея с 1965 г. и особенно в 70-х годах, обнаружили в известняках эоцена, олигоцена и миоцена, частично плиоценового и четвертичного возраста много глубоких (почти до 500 м) пропастей и пещер, из которых самая большая — Сельминум-Тем (20,5 км) в миоценовых известняках хребта Гинденбург в Западной провинции (Chabert, Courbon, 1977; Proc. 71SC — 77, p. 74—76).

Карст развит в неогеновых известняках относящегося к Папуа — Новой Гвинее острова *Новая Британия*. Исследовавший его в горах Наканаи Д. Балаж выделил особый тропический тип ущелистого карста.

На островах *Тробриан* (к востоку от Новой Гвинеи) исследованы многочисленные пещеры, одна из которых, Сикау, на о. Киригина, имеет длину более 2,5 км и содержит натеchno-капельные образования. Они встречаются и во многих других пещерах. В пещере Бвабвату на о. Кайлеуна имеются геликтиты и плавающий в озерах кальцит, образу-

ющий пленки. На этих островах есть также карстовые колодцы (многочисленны на о. Кайлеуна) и провалы. Многие из пещер имеют провальные входы (Максимович, 1976б).

Карстовые явления распространены и в Новой Зеландии, на обоих ее островах — Северном и Южном (Максимович, 1962а; Gèze, 1963; Int. Spel. — 73, VII: L. Kermode; Proc. 71SC — 77: J. Gunn; Tell, 1959; Waltham, 1974). На о. *Северном*, к северу от Окленда, встречаются карстовые воронки и исчезающие в коралловых известняках водные потоки. Карст известен также на западе острова, близ Вайтомо, на юго-западе, в районе третичного плато Уонгануи, местами на восточном берегу. Близ Вайтомо исследован (J. Gunn) сходный с тропическим так называемый "полигональный карст", для которого характерны расположенные вплотную друг к другу замкнутые депрессии, создающие решетчатую систему (напоминает пчелиные соты). Он развит в олигоценых известняках. Кроме замкнутых депрессий здесь распространены вертикальные шахты, временные водоемы, исчезающие и внезапно появляющиеся из-под земли водотоки, пещерные реки. Имеются большие (до 10 км длиной) сталактитовые пещеры. Пещеры о. Северного населяют огромные колонии светляков. Они привлекают посетителей в пещеру Вайтомо на западном берегу острова, посещаемую туристами уже более 80 лет. Охрана пещеры, минимальное вмешательство в ее биологию возможны при ограничении туристической нагрузки. Соседняя туристическая пещера, Арануи, примечательна натеchno-капельными образованиями (которые, впрочем, есть и в Вайтомо), другая, Руакури (3,8 км) — морфологическими особенностями. Пещера Вайомио на севере острова интересна в этнографическом плане — фольклором Маори.

На о. *Южном* карстовые пещеры встречаются на севере центральной гряды Южных Альп, а в провинции Отаго, на юге острова, в известняках циркулируют карстовые воды. Самая глубокая карстовая полость Новой Зеландии — пещерная система Харвуд-Хоул (—357 м), представляющая

собой шахту с несколькими горизонтальными ходами. Она расположена на северо-западе провинции Нельсон, на возвышенности Таката. Вторая по глубине полость — Горгорот (— 346 м) на горе Артур. Близ горы Оуэн, в юго-западной части провинции Нельсон, находятся Куртис-Гил (— 291 м) и Гигантс-Стэкейс (— 260 м). Глубокие карстовые полости выработаны в мраморах ордовика, слагающих гору Артур (Пещеры, в. 5 (6), 1965, в. 10—11, 1971). На севере острова находятся туристические пещеры — Те-Анароа и Нгаруа-Марбл ("Мраморная"), на восточном берегу — Маори-Леап, известняковый морской грот с сухим проходом в зал, богато украшенный белыми и золотистыми сталактитами и каменными цветами. На юго-западе острова расположена пещера Те-Ана-Ау с быстрым ручьем, имеющая длину около 5 км и глубину 213 м.

Карстовые явления известны на о. Новая Каледония, где на севере, у маленького города Кумак, в складчатых мраморизованных известняках эоцена развиты карры, воронки с исчезающими ручьями. Здесь расположена пещера Кумак (3,7 км) со сталактитами и сталагмитовыми покровами в привходной части и разными формами эрозии и коррозии вглубь от входа, выработанными в известняках и обильных древних натежно-капельных образованиях (Gèze, 1963). Южнее, на юго-западном берегу острова, находится пещера Адио, 3,9 км длиной и 120 м глубиной.

На Соломоновых островах в верхнемиоценовых-нижнеплиоценовых известняках о. Санта-Исабель и миоценовых известняках о. Гуадалканал есть пещеры (Chabert, Courbon, 1977): Колокофа глубиной около 80 м (на первом) и Мбао-Хол длиной 364 м (на втором).

Карст распространен на многочисленных коралловых островах Океании. Карст коралловых рифов, приподнятых над уровнем океанического прибоя, выделен нами в качестве особого морфолого-генетического типа тропического карста. Г. А. Максимович (1976б) отметил закарстованность на многочисленных коралло-

вых островах в экваториальном поясе Тихого океана.

На о. Науру, расположенном у самого экватора, к западу от островов Гилберта, под фосфоритовой залежью оказалась погребенной карровая поверхность тропического типа из коралловых известняков, с острыми пиками, образующими "каменный лес" (Игнатьев, 1972; Максимович, 1976б). Ту же картину можно видеть и на соседнем о. Ошен. На о. Макатеа (к северо-северо-востоку от Таити) кроме воронок и карманов на поверхности известен карстовый колодец глубиной 54 м. Коралловые известняки этого острова, как и о. Науру, частично имеют палеогеновый возраст. Карстовые явления отмечены на островах Туамоту (карры) и Новые Гебриды, где наблюдаются карстовые источники, пещеры, колодцы, поноры, слепые долины, карры типа "корневидных" (см. Jakucs, 1977б) (Максимович, 1976б; Gèze, 1963). В геоморфологическом отношении детально изучен о. Эфате архипелага Новые Гебриды. Коралловое поле верхней ступени бенча этого острова изрыто ваннами растворения до 1 м глубиной, "коридорами" шириной до 4—5 м и нишами. В другом месте на бенчах сохранились известняковые останцы до 1,5 м высотой, с поверхностью, изъеденной растворяющей деятельностью океанской воды. В рифовых известняках низкой голоценовой террасы попадает множество карстовых форм — мелких ажурных гребней и выступов, а также полостей 0,5—2 м шириной и до 1—1,5 м глубиной. На выровненной поверхности 12—20-метровой плейстоценовой террасы (абс. возраст 30—35 тыс. лет), созданной кораллово-фораминиферовыми известняками, встречаются грибообразные останцы до 2,5 м высотой (Каплин и др., 1975).

По сообщению Г. М. Игнатьева, во время организованного АН СССР рейса научно-исследовательского судна "Каллисто" по островам Тихого океана (1975—1976 гг.) на о. Ниуэ (к востоку от островов Тонга), представляющем собой поднятый атолл, встречены участки голого карста с каррами тропического типа (для

которого характерны резкие пикообразные выступы между карровыми углублениями) и с открытыми гротами. Такого же типа карры, но на уровне океана и частично затопленные океанской водой, называемые в Полинезии "макатеа", видели на террасах из коралловых известняков вулканического о. *Раротонга* в группе островов Кука.

Практическое значение карста Австралии заключается прежде всего в огромной роли карстовых источников, которыми питаются реки. Велико значение и напорных карстовых вод артезианских бассейнов для водоснабжения. Как местное удобрение используется гуано некоторых пещер, например в районе Олсен; на удобрения расходовались фосфориты пещер Нового Южного Уэльса. Многие коралловые острова в Океании —

важный источник высококачественного фосфоритного сырья (Максимович, 1962а, 1976б). Крохотное государство на о. Науру, более половины площади которого превращено в фосфоритовый карьер, занимает четвертое место по добыче фосфоритов среди капиталистических и развивающихся стран (Игнатьев, 1972). Фосфориты добываются более чем на 15 коралловых островах Тихого океана. В западной части о. Новая Гвинея (Индонезия) с карбонатными карстовыми коллекторами связано нефтяное месторождение Кламоно (Максимович, Енцов, 1966). Некоторые пещеры Австралии и Океании используются в туристических целях, особенно Дженоленские в Новом Южном Уэльсе и пещеры Новой Зеландии (Int. Spel.— 73, VII: L. Kermode).

СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА

За последнее время значительно пополнились сведения о распространении карстующихся пород и карста в Канаде, особенно благодаря карте карста Канады, составленной Дж. Ф. Квинленом и Д. К. Фордом (Quinlan, Ford, 1973).

Крупные площади и группы небольших участков растворимых горных пород, карбонатных (известняки и доломиты), а также и сульфатных, распространены во многих частях Канады: в Арктическом архипелаге, в горах Кордильер, на границе Великих равнин и Лаврентийской возвышенности, основу которой составляет Канадский щит, местами в пределах этого щита, в области Аппалачей и Ньюфаундленда. В восточной части канадской территории Великих равнин, к западу от озер Атабаска и Виннипег, находится обширное пространство с залежами соли и гипса. Есть они и в области Великих озер, между озерами Гурон и Эри.

Площадь подверженных растворению карбонатных пород в Канаде составляет приблизительно 1 100 000 кв. км, сульфатных — 77 000 кв. км. В развитии карста большую роль играли материковое и горное оледенения и вечная мерзлота (Proc. 71 SC — 77: D. C. Ford).

В складчатой горной системе Кордильер карстующиеся карбонатные породы залегают главным образом на севере и востоке среди палеозойских осадочных пород. Гораздо меньше их на западе, где распространены мезозойские изверженные и метаморфические породы, и в центральной области с изверженными и метаморфическими породами докембрия. В горах Маккензи изучен район Северного Карста р. Южной Наханни (бассейн Маккензи), где в палеозойских известняках выявлены многие типы карров, в том числе напоминающие лунковые и каменицы, трещинные, образующие карровые поля, гигантские трещинные карры в виде рвов, лабиринты гигантских богазов (кори-

доров) и каньонов, воронки поверхностного выщелачивания и провальные, поноры, колодцы ("сеноте"), котловины (увала), поля, башнеобразные останцы, естественные мосты, карстовые источники, пещеры и системы сухих каньонов. Большая роль в развитии карста принадлежит трещиноватости. Распространен задернованный и облесенный, а также голый карст. Карст развивался в течение четвертичного периода (в ледниковое время) и, очевидно, продолжает активно развиваться в современную эпоху (Int. Spel.— 73, II: G. A. Brook, D. C. Ford; D. C. Ford, G. A. Brook; Proc. 71 SC — 77: G. A. Brook, D. C. Ford). В районе находится более 100 пещер, преимущественно мертвых, покинутых водными потоками, и в большинстве случаев небольших. Три пещеры имеют протяженность 1,5—2 км. Есть пещеры-ледники, с кристаллами льда на стенах и сводах. Они обусловлены вечной мерзлотой. Ж. Пуаре в каньоне Южной Наханни, частично и за пределами этого района, изучил около 200 пещер. Одна из них, общей длиной около 2 км, имеет гроты с замерзшими подземными озерами и обильные отложения натечков извести. В другой — Луизе встречаются гроты с подземными озерами, украшенные прекрасными натечно-капельными образованиями. В пещере Тереза встречено множество летучих мышей (Пещеры, в. 12—13, 1972).

Севернее, в горах Франклина на восточной окраине Кордильер, известны карстовые источники в известняках (на юге) и воронки в сульфатных и карбонатных породах Вермиллион-Крика (на севере). По западной окраине Кордильер (юг Канады), в южной части Передового хребта Скалистых гор (вдоль границы провинций Британская Колумбия и Альберта) известны районы известнякового карста с воронками, водными потоками, исчезающими под землю, карстовыми источниками, пещерами и пр. Это район р. Мейлигн; "альпийский" (высокогорный) карст

горы Кэстлигуэд с одноименной пещерой (13,1 км), исследованный Д.К.Фордом; плато Маунтин-Айс-Кэйв; пер. Кроус-Нест; г.Таппез-Систем и пещера Нейкаймэ (5,8 км), и др. Помимо участков с полно развитым карстом во многих местах встречаются воронки и пещеры. Западнее, в Центральной области Кордильер Британской Колумбии, в *Фэлклэнде*, известны геологические органы в гипсах, а на юго-западе Британской Колумбии, в зоне *Берегового хребта*, и *о.Ванкувер* к небольшим участкам известняков приурочены карстовые воронки.

Между Кордильерами и Западной окраиной Канадского щита на севере известен карст в полосе сульфатных и карбонатных пород, протягивающейся к северу от гор Франклина (район оз.Белот и др.). Здесь известны воронки, карстовые рвы вдоль трещин, брекчии растворения, нетектонические деформации, карстовые источники. На пространстве с залежами гипса и соли (в породах среднего девона) восточной части *Великих равнин* (на северо-востоке провинции Альберта) также имеются нетектонические деформации и воронки, а на юге провинции Саскачеван многочисленны явления подземного выщелачивания солей. На восточной окраине Великих равнин, у границы Канадского щита, расположены два карстовых района: один западнее оз.Атабаска, с гипсовым и карбонатно-сульфатным карстом (гипсовый карст Вуд Буффало, воронки и соленые карстовые источники на других участках), другой — западнее оз.Виннипег, с гипсовым и карбонатным (известняково-доломитовым) карстом (воронки, источники, в основном соленые, нетектонические деформации, пещеры, местами более или менее полный комплекс карстовых форм).

В Канадском Арктическом архипелаге, на крайнем севере побережья *о.Элсмир* известны воронки в сульфатных и карбонатных породах, а на островах, лежащих к юго-западу от Элсмira и образованных, как и большая часть этого острова, верхнедевонскими и мезозойскими силикатными породами, много диапи-

ровых (вероятно, соляных) куполов с выходами на поверхность гипса и ангидрита, а также есть карстовые воронки. Поля воронок гипсового карста распространены и южнее, на *о.Девон*, а далее к югу, в западной части Баффиновой Земли, есть погребенный карбонатный карст, на островах же, расположенных западнее ее, встречаются карстовые рвы, возникшие вследствие растворения известняков и доломитов вдоль трещин.

Большое поле растворимых пород находится на материке во впадине щита по южному и юго-западному побережью Гудзонова залива. На юго-востоке этой площади, у южной оконечности Гудзонова залива (залив Джеймс), известны воронки гипсового карста и брекчии растворения в переслаивающихся сульфатных и карбонатных породах. В области Великих озер, к северу от оз.Онтарио, распространен карбонатный карст в известняках и мраморах с пещерами, воронками, разработанными по трещинам карстовыми желобами, местами с более или менее полным комплексом карстовых форм; между озерами Гурон и Онтарио сосредоточен доломитовый и известняковый карст с пещерами, воронками; южнее, между озерами Гурон и Эри, простирается карст известняковый, гипсовый и соляной (в породах силура).

В Аппалачах и Ньюфаундленде, относящихся к области герцинской складчатости с интенсивным проявлением каледонских движений, карстующиеся карбонатные и отчасти сульфатные породы залегают преимущественно среди палеозойских силикатных кластических пород. На *о.Ньюфаундленде*, в его северо-западной части, развит известняковый карст и палеокарст, на юге западного побережья и на полуострове *Новая Шотландия* — гипсовый карст, в горах *Нотр-Дам* — известняковый карст; во всех отмеченных районах имеются воронки и пещеры (Quinlan, Ford, 1973).

В книге "Karst. Important Karst Regions..." (1972) помещен написанный В.Е.Дейвиесом и Г.Е.ЛеГрандом обзор распространения и особенностей карста в США, которым мы

и воспользуемся наряду с нашими прежними обзорами и новой литературой.

Известняки, доломиты, гипсы и другие растворимые породы выходят на поверхность или залегают близ поверхности примерно на 15% площади США, не считая Аляски. В восточной части страны поясы известняков пролегают через горы Аппалачи, Аппалачское плато и Внутренние (Центральные) равнины. Большинство известняковых формаций в этих областях имеют палеозойский возраст. На Атлантической береговой равнине, от Северной Каролины до Флориды, простирается полоса третичных известняков. В Техасе обширные пространства занимают плато из меловых известняков. Плато из каменноугольных и пермских известняков обширны в Нью-Мексико и северо-западной Аризоне. В Скалистых горах каменноугольные известняки распространены на территории штатов Вайоминг и Монтана. В области Кордильер, к западу от Скалистых гор, многочисленны короткие и узкие полосы известняков позднепалеозойского и триасового (отчасти нижнепалеозойского) возраста. В центре страны и на юго-западе залегают пермские гипсы.

Большие карстовые области США располагаются в Аппалачских горах, на Внутренних равнинах, береговой равнине, плато Озарк, плато востока Нью-Мексико и запада Техаса.

В США насчитывается приблизительно 7,5 тыс. пещер, из которых 43 имеют более 10 км закартированных проходов, 24 — более 20 км и 10 — более 30 км (табл. 2). Почти 200 пещер оборудованы и открыты для посещения туристов. Одни из них отличаются гигантскими размерами, другие — богатством и оригинальностью натечно-капельных образований и кристаллов и третьи (они особенно привлекательны для туристов) — тем и другим вместе. Интересны фауна пещер США и предметы, свидетельствующие об использовании пещер первобытным человеком (Холлидей, 1963; Bretz, 1956; Bretz, Harris, 1961; Chabert, Courbon, 1977; Davis, 1930; Folsom, 1962; Halliday, 1963; Moore, Nicholas, 1964).

Самые крупные карстовые области США приурочены к почти горизонтально залегающим палеозойским карбонатным толщам Северо-Американской платформы. На пространствах внеледникового юго-востока Внутренних (Центральных) равнин США, особенно в южной Индиане, штатах Кентукки и Теннесси, карст развит весьма интенсивно. На поверхности известняковых и доломитовых плато и расчлененных равнин здесь типично выражен карстовый рельеф с воронками, котловинами, вытянутыми по трещинам и по простираению слоев депрессиями (McGrain, Crawford, 1960; La Valle, 1967). В понорах на плато исчезает много ручьев, а в долинах открываются мощные карстовые источники. Грунтовые воды закарстованных плато служат важнейшим ресурсом водоснабжения и питания поверхностных вод (Brown, Lambert, 1963; Hendrickson, Krieger, 1964). Много подземных рек и пещер.

В карстовой области Центральной части Кентукки и южной Индианы закарстована толща миссисипских известняков каменноугольного возраста (Sweeting, 1972; White and oth., 1970). Прежде область была покрыта лесами, но сейчас леса сохранились далеко не всюду. Наибольший интерес представляет куэстовое *Плато Мамонтовой Пещеры* (Mammoth Cave Plateau, восточную часть его называют куэстой Честер—Quinlan, 1970; White and oth., 1970), сложенное полого наклоненными миссисипскими известняками, которые с поверхности прикрыты песчаниками. Крутым уступом плато поднимается над более низким уровнем равнины Пенниройял, или равнины воронок, поверхность которой образована лежащими ниже горизонтами миссисипских известняков и испещрена многочисленными воронками мелкого и среднего размера, обычно до 10 м глубиной (McGrain, Crawford, 1960; Int. Spel.— 73, II: F. D. Mitke; Quinlan, 1970; White and oth., 1970). Для Плато Мамонтовой Пещеры характерны большие круто-склонные воронки, диаметром более 30 м и глубиной до 30—95 м. В восточной части плато, где находится Мамонтова Пещера, имеется несколь-

ко карстовых долин до 3,2 км длиной, 800 м шириной и 45—60 м глубиной. Покров песчаников в восточной части Плато Мамонтовой Пещеры сохранился только на холмистых и платообразных гребнях (Int. Spel.— 73, II: F.D.Miotke, 1976; Miotke, Palmer, 1972), и здесь распространены воронки до 100 м в диаметре и менее 10 м глубиной. Многочисленны карстовые воронки на плоских днищах слепых долин (Davis, 1930).

На Плато Мамонтовой Пещеры известно более 80 пещер. Знаменитая Мамонтова Пещера открыта в 1809 г. охотником, преследовавшим раненого медведя. Во время англо-американской войны 1812 г. был составлен первый план пещеры. Уже тогда было исследовано 30 проходов общей длиной 7 км и пещера считалась самой длинной в мире. При военных действиях в ней было добыто 400 тыс. т селитры для изготовления пороха. Пещера стала родиной подземного туризма в Америке. Ее владелец организовал группу проводников из негров-невольников, которые сыграли важную роль в ее исследовании, особенно Стифен Бишоп. В конце прошлого века съемки в пещере производили Э. Кэлл и Г. Ховей. Серьезным препятствием в исследовании служило право собственности на землю, распространявшееся и на недра. После первой мировой войны территория с Мамонтовой Пещерой и находящимися по соседству другими большими пещерами была приобретена штатом Кентукки, который создал здесь национальный парк (Minvielle, 1972).

Мамонтова Пещера, по В. Е. Дейвиесу, состоит из 48 км больших проходов и примерно такой же длины малых, "второразрядных", составляющих в совокупности сложный лабиринт. Проходы и залы ее расположены в несколько этажей, в нижнем есть озера и пещерные реки (Лета, Стикс, Эхо). Некоторые залы и камеры богаты натечно-капельными образованиями и кристаллами. Этажность пещеры обусловлена опусканием уровня подземных вод и почти горизонтальным расположением слоев известняка, но в основном она соответствует эрозионным террасовым

поверхностям района, причем связь ее с третичными и плейстоценовыми фазами эрозии и аккумуляции в главных чертах уже выяснена (Miotke, Palmer, 1972). Пещера разрабатывалась подземными водами как по трещинам наслоения, так и по вертикальным тектоническим трещинам и разломам, которые повлияли на возникновение вертикальных куполов и колодцев (Гвоздецкий, 1954; Davis, 1930; Int. Spel.— 73, II: F.D.Miotke; McGrain, Crawford, 1960; White and oth., 1970).

С Мамонтовой Пещерой соперничала и даже превышала ее по суммарной длине сходная с ней морфологически (В. Е. Дейвиес) пещера Флинт-Ридж, расположенная по соседству на том же берегу Грин-Ривер (тоже в миссисипских известняках с покровом песчаника), которая в начале 70-х годов открывала список длиннейших пещер мира (121 км: Гвоздецкий, 1972; Quinlan, 1970). В систему Флинт-Ридж вошла в качестве одной из составляющих Кристальная пещера (Miotke, Palmer, 1972; Quinlan, 1970), открытая в 1917 г. Ф. Коллинзом и приобретенная им в собственность вместе с земельным участком. Причем Ф. Коллинз стал жертвой права собственности на землю. Тайком, в одиночку, отправился он в только что обнаруженную им соседнюю пещеру (Санд-Кэйв), где оказался в положении зверя, пойманного в капкан. Громадная съехавшая глыба придавила ему ноги, и он не смог выбраться. Не могли его высвободить даже пришедшие позднее на помощь люди. Удалось извлечь его лишь через три дня после смерти, и он был погребен в собственной пещере — Кристальной (Folsom, 1962). Он держал в секрете и открытые им за 7 лет исследований другие ходы Кристальной пещеры, продолжающие ее, как выяснилось впоследствии, громадные по длине (Minvielle, 1972). Когда было обнаружено соединение Кристальной пещеры с Флинт-Ридж, длина последней возросла сразу до 79 км (в Мамонтовой Пещере тогда было известно 74 км проходов). Некоторые авторы соединенную с Кристальной пещеру Флинт-Ридж называли Кристальной (см. Гвоздецкий, 1967б).



136. Картосхема расположения пещерных систем Мамонтовой и Флинт-Ридж, по данным Д. Ф. Квинлена на 1969 г.

В начале 70-х годов продолжались интенсивные спелеологические исследования района пещер Мамонтовой и Флинт-Ридж. Весной 1973 г. из-за рубежа поступили сведения, что пещера Флинт-Ридж, в 1970 г. уже достигшая 121 км длины, через найденный новый ход соединилась с Мамонтовой. В результате обнаружилась единая пещерная система Флинт-Мамонтова, 233 км длиной (теперь ее длина оценивается уже в 341 км), оставившая далеко позади всякое соперничество (Оптимистическая у нас в Подолье — 142,5 км, Хёллох в Швейцарии — 135 км).

Карст южной Индианы по геолого-геоморфологическим условиям развития напоминает центральную часть Кентукки. Здесь меридионально протягиваются плато Кравфорд и лежащая восточнее равнина Митчелл. Она напоминает равнину Пенниройял, а плато подобно Плато Мамонтовой Пещеры, но отличается от него большей пересеченностью и холмистостью. Карст на плато распространен главным образом по восточной окраине.

В районе Митчелл есть крупные карстовые источники, областью питания которых служит расположенная восточнее приподнятая известняковая поверхность, усеянная карстовыми воронками. В Индиан-Крике исчезает в пещерных тоннелях водный поток. Подземным путем он срезает излучины меандр и спрямляет свое русло. Над подземным течением Лост-Ривер ("затерянная река") сохранилось прежнее поверхностное извилистое русло, где вода бежит лишь после сильных дождей, когда подземные галереи не могут вместить весь поверхностный сток. Над подземными галереями образовались крупные провальные котловины (Davis, 1930).

Из пещер южной Индианы выделяются красотой своего убранства сталактитовые пещеры Маренго и Виандотт. Пещеру Виандотт, расположенную в 8 км к северу от р. Огайо, У. М. Дейвис (1930) считал второй по величине пещерой мира (после Мамонтовой), но в списке длиннейших пещер США, составленном к V Международному спелеологическому конгрессу (Штуттгарт, 1969 г.), ее длина указана лишь равной 8,2 км. В этот

список вошли значительно более крупные пещеры Индианы: Блу Спринг — 30,9 км, Бинклей — 30 км, Сулливен — 13,7 км, Каррел — 13,3 км (Пещеры, в. 10—11, 1971; Chabert, Courbon, 1977).

С восточной и южной сторон к карстовой области Центральной части Кентукки и южной Индианы примыкают равнины *Лексингтон* (Кентукки) и *Нашвилл* (Теннесси), образованные слабо изогнутыми (в виде свода) нижнепалеозойскими известняками. Поверхность холмистых равнин осложнена неглубокими воронками, диаметром от 30 до 300 м и более. На равнине Лексингтон имеются карры, а на Нашвилл — голые поверхности известняковых "мостовых". На обеих равнинах известно около 80 пещер (Davis, 1930; McGrain, Crawford, 1960). К востоку от этих равнин, там, где распространены каменноугольные миссисипские известняки и поверхность повышается, переходя в расчлененное нагорное плато, появляются крупные воронки, котловины, увала, короткие крутосклонные карстовые долины, встречается еще больше пещер.

Палеозойские карбонатные породы платформенного чехла закарстованы также в штатах Айова и Иллинойс. На северо-востоке Айовы, северо-восточнее г. Уэст-Юнион, на Ниагарском плато (эта территория находится за пределами внеледниковой области и имеет покров морены и лёсса) в известняках района пещеры Даттона исследованы вертикальные шахты (Actes..., 1968: J. Hedges), а в штате Иллинойс, где залегание известняков и доломитов близ поверхности приурочено в основном к левобережью Миссисипи, описаны пещеры, особенно многочисленные на юге и юго-западе штата. С пещерами тут связаны крутостенные воронки, поноры, провалы, представляющие собой окна в пещерных сводах (Кротова, 1971; Bretz, Harris, 1961). Здесь развит покрытый карст, тогда как в предыдущих районах помимо него распространен карст задернованный — облесенный и обезлесенный (на равнине Пенниройял и в карстовых долинах восточной части Плато Мамонтовой Пещеры) и отчасти голый

(на равнинах Лексингтон и Нашвилл). Известен также погребенный карст.

Карст плато Озарк (на юге штата Миссури, на севере Арканзаса и северо-востоке Оклахомы) приурочен к почти горизонтально на слоенным карбонатным толщам, образующим асимметричный купол, который местами осложнен небольшими складками и сбросами. На западе поверхность сложена каменноугольными миссисипскими известняками, на востоке — ордовикскими известняками и доломитами. Характерны широкие воронки (до 750 м диаметром и 60 м глубиной), мелкие плоскодонные котловины, но есть также крутосклонные воронкообразные депрессии и несколько провалов с вертикальными бортами. Известно около тысячи пещер. Пещера Мейз имеет более шести километров проходов. Большая часть пещерных систем затоплена водой, и там образовались подземные потоки. Распространены большие карстовые источники. Их расходы подвержены значительным колебаниям. Проводившиеся над режимом карстовых источников Озарка ежедневные стационарные наблюдения представляют практический и методический интерес (Aley, 1968; Bretz, 1956; Šilar, 1972).

В штате Миссури, на правом берегу р. Миссисипи выше слияния с р. Миссури, километрах в трех южнее городка Ганнибал находится сталактитовая пещера, известная теперь как пещера Марка Твена. Эпизод в "Томе Сойере" с блужданием по пещере Тома и Бекки взят писателем из биографии своего детства (Шурубор, 1965). Пещера электрифицирована. Длина ее 3,4 км. Выработана она, по-видимому, в каменноугольных миссисипских известняках, которые слагают поверхность этой части штата Миссури. Самые крупные пещеры штата: Крейвайс — 36,7 км, Бером Мур — Том Мур — 23,3 км, Римстоун-Ривер — 23,3 км, Мистери — 21,7 км.

Слабо дислоцированные карбонатные толщи интенсивно закарстованы на плато восточной части штата Нью-Мексико и юго-западного Техаса, образующих западную полосу южной части Великих равнин.

Таблица 2

Наиболее длинные карстовые пещеры США (суммарной длиной более 10 км)

№ п/п	Название	Суммарная длина (в км)	Местонахождение (штат)
1	2	3	4
1.	Флинт-Мамонтова	341,1	Кентукки
2.	Джевел	96,0	Южная Дакота
3.	Гринбрайер (Орган)	51,5	Зап. Виргиния
4.	Уинд	46,2	Южная Дакота
5.	Камберленд	39,6	Теннесси
6.	Крейвайс	36,7	Миссури
7.	Слоан-Велли	36,2	Кентукки
8.	Карлсбадская	33,2	Нью-Мексико
9.	Блу-Спринг	30,9	Индиана
10.	Бинклэй	30,0	Индиана
11.	Бутлер-Синкин-Крик	28,8	Виргиния
12.	Хоул	26,4	Зап. Виргиния
13.	Калверсон-Крик	25,7	Зап. Виргиния
14.	Ферн	25,1	Алабама
15.	Фриарс-Хоул — Раббер-Чикен	24,6	Зап. Виргиния
16.	Бером Мур — Том Мур	23,3	Миссури
17.	Римстоун-Ривер	23,3	Миссури
18.	Кэйв-Крик	22,5	Кентукки
19.	Корал	22,0	Кентукки
20.	Мистери	21,7	Миссури
21.	Хидден-Ривер	21,4	Кентукки
22.	Биг Бат	20,9	Кентукки
23.	МкКланг	20,8	Зап. Виргиния
24.	Анвил	20,4	Алабама
25.	Уинди-Маус	19,1	Зап. Виргиния
26.	Пауэлл	16,0	Техас
27.	Крамп-Спринг	15,6	Кентукки
28.	Грейди	ок. 15	Кентукки
29.	Биг Боун	14,0	Теннесси
30.	Перкинс	13,8	Виргиния
31.	Максуэлтон-Синк	13,7	Зап. Виргиния
32.	Сулливен	13,7	Индиана
33.	Сайлент-Ривер	13,5	Аризона
34.	БЛМ	13,5	Орегон
35.	Каррел	13,3	Индиана
36.	Куйлер	13,2	Теннесси
37.	Эллисон	13,0	Джорджия
38.	Ли-Кэйв	12,2	Кентукки
39.	Синк	12,2	Кентукки
40.	Фигтон	11,9	Арканзас
41.	Форт Стантон	10,4	Нью-Мексико
42.	Касселл	10,3	Зап. Виргиния
43.	Фаллен-Рок	10,3	Виргиния

Долина р. Пекос разрезает здесь пермские и триасовые породы, причем в составе карстующихся толщ помимо господствующих известняков имеются доломиты и ангидриты. Правобережные плато поднимаются от долины Пекоса к подножию *Гвадалупских гор*. У их подножия, на самом юге штата Нью-Мексико, на окраине полупустынного плато с разреженным ксерофитным кустарником в пермских известняках находится знаменитая Карлсбадская пещера, выделяющаяся не только суммарной длиной (33 км), но и глубиной (313 м), в особенности громадными размерами отдельных залов, роскошно убранных сталактитами и сталагмитами. Самый большой зал пещеры протягивается в одном направлении на 610 м, в другом — на 335 м, при ширине до 190 м и высоте почти до 90 м; в нем есть сталагмит высотой с большое дерево и диаметром 5 м. Ходы и залы пещеры расположены в несколько этажей. Кроме сталагмитов и сталактитов местами в виде тонких пустотелых трубочек распространены геликтиты, оолиты, кристаллы арагонита. Считают, что пещера открыта в 1901 г. (хотя в нее, по-видимому, спускались еще в прошлом столетии). Она была обнаружена по туче круживших над ее входом летучих мышей. В 1923 г. пещера включена в состав национальных парков США, посещается многочисленными туристами, оборудована лифтами и электрифицирована (Холидей, 1963; Sweeting, 1972). Пещеры Нью-Кэйв и Коттонвуд-Кэйв, расположенные по соседству с Карлсбадской, славятся гигантскими сталагмитами, еще более крупными, чем в Карлсбадской пещере. Высота одного из них в пещере Нью-Кэйв более 30 м (Холидей, 1963).

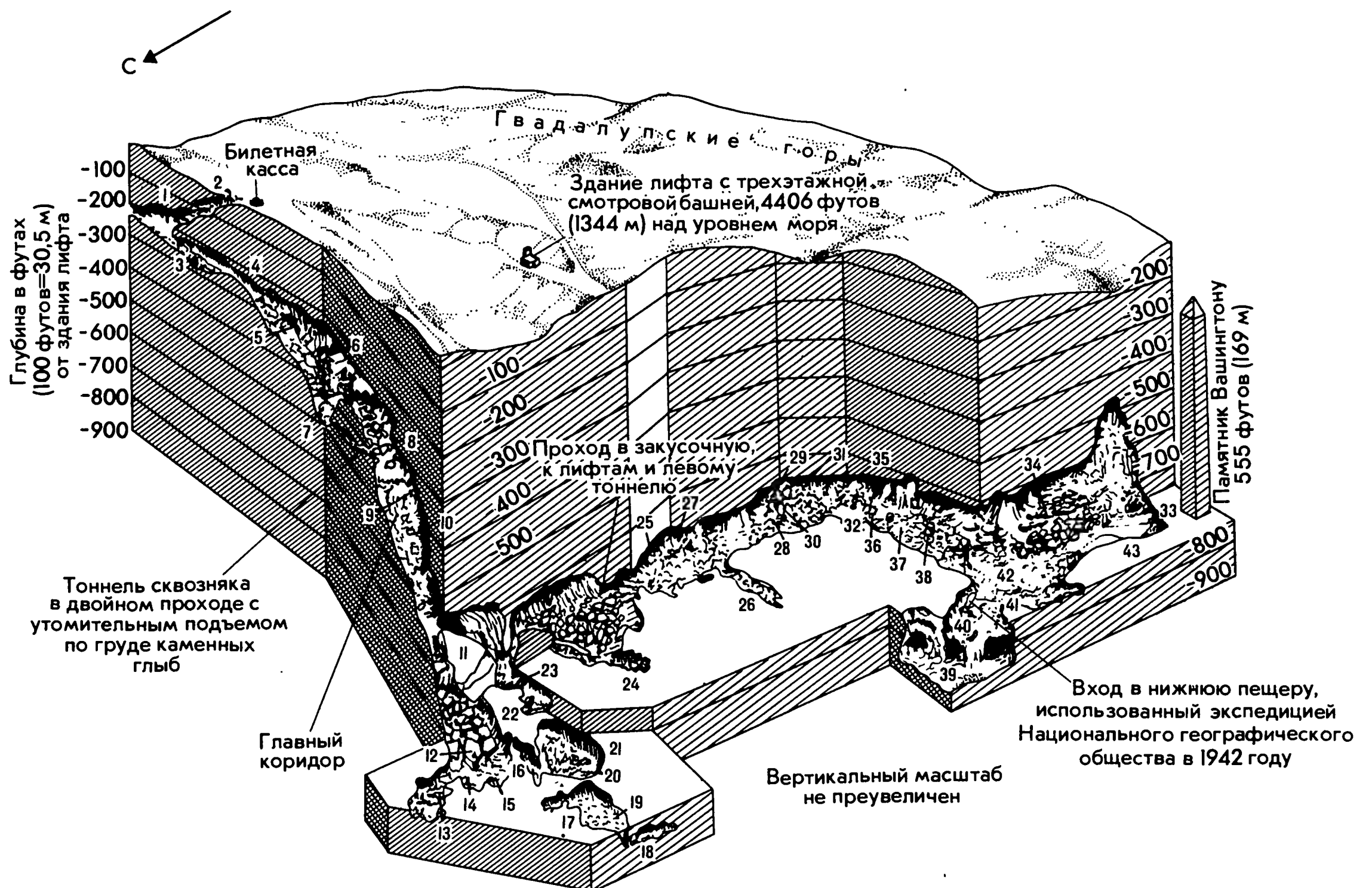
На плато, прорезанных р. Пекос, встречаются карстовые котловины, воронки и провалы. Провалы и провальные озера к востоку от р. Пекос, близ Розуэлла, имеют диаметр 50—100 м и глубину 30—65 м. К западу от Пекоса, в том же районе, многочисленны воронки, менее глубокие, но большего диаметра, иногда с озерами; карстовые котловины достигают 10 км в ширину и 15—30 км

в длину (Motts, Cushman, 1964).

На плато Эдуардс, в южной части Техаса к северо-западу от Сан-Антонио, образующем южное окончание Великих равнин, закарстованы известняки нижнемелового возраста. На поверхности распространены широкие мелкие воронки и провалы. На восточной и южной окраинах плато в сторону береговой равнины вытекают карстовые источники. На плато много пещер, в его западной части — в виде больших ветвей и многоэтажных лабиринтов. На юге плато, в 70 км к северо-востоку от г. Дель-Рио, находится пещера Миднайт с 30-метровым вертикальным спуском. В этой пещере М. Сифр провел в добровольном заточении 205 дней (Siffre, 1975). Вообще центральный и западный Техас изобилует крупными пещерами. Наибольшая в Техасе — пещера Пауэлл достигает 16 км длины. В западной части "средней области Техаса" расположена пещера Фрио с громадными привходными залами и огромным количеством летучих мышей (Холидей, 1963).

На западе штата Южная Дакота, в среднегорье *Блэк-Хилс*, поднимающемся к востоку от Кордильер южнее плато Миссури, развиты пещеры в известняках нижнего карбона, в том числе пещера Джевел (Actes..., 1968: D.E. Deal; Conn, 1977) — одна из крупнейших пещер мира (96 км), вторая по длине в США. Эта пещера и другая большая пещера Ветров (Уинд — 46,2 км) входят в систему национальных заповедников США. Для пещер *Блэк-Хилс* характерны выступы жильного кальцита на стенах и убранство кристаллами кальцита (Холидей, 1963).

В средней части Скалистых гор системы Кордильер из горных карстовых районов можно назвать хребты *Гро-Вентр*, к северо-западу от хребта Уинд-Ривер, и *Титон*, на западе штата Вайоминг. Закарстованы здесь палеозойские известняки и доломиты. Несколько районов интенсивно развитого карста встречается в субальпийском и альпийском поясах. В горах *Гро-Вентр* выделяется два типа карстовых участков: 1) плоские, или пологосклоновые, при близком к горизонтальному



137. Блок-диаграмма Карлсбадской пещеры в штате Нью-Мексико.

Из книги М. М. Свитинг (1972):

1 — пещера Летучих мышей, 2 — естественный вход, 3 — Аудитория, 4 — Источник Дьявола, 5 — Рот кита, 6 — естественный мост, 7 — Логово Дьявола, 8 — Американский орел, 9 — Дитя гиппопотам, 10 — Три маленькие обезьяны, 11 — Айсберг, 12 — Статуя, закрытая покрывалом, 13 — к Комнате Нью-Мексико, 14 — Комната Зеленого озера, 15 — Замерзший водопад, 16 — Веревка королевского колокола, 17 — Спальня королевы, 18 — Комната индийского ребенка, 19 — Занавес королевы, 20 — Крушение надежд влюбленных, 21 — Дворец короля,

22 — Застенчивый слон, 23 — Холм аппетита, 24 — Склад костей, 25 — Комната Купол, 26 — Клюв голубя, 27 — тоннель Седой Джим, 28 — Зал великанов, 29 — Сдвоенные купола, 30 — Купол Гигант, 31 — Скала веков, 32 — Волшебная страна, 33 — Бездонная яма, 34 — Гипсовые постели, 35 — Комната Кристального источника, 36 — Храм Солнца, 37 — Санта Клаус, 38 — Грудь Венеры, 39 — Низшая пещера, 40 — Место окончания прыжков, 41 — Статуя Свободы, 42 — столб Тотем, 43 — Зеркальное озеро

залегании известняковых слоев с хорошо развитыми поверхностными карстовыми формами; 2) крутые склоны молодых долин, где развиты пещеры в круто наклоненных слоях известняков на крыльях складок. К первому типу относится бассейн Този-Крика, где карстуются каменноугольные миссисипские известняки, представленные чистыми породами с прослоями пластов, содержащих примеси. Денудация происходит путем избирательного растворения чистых известняков и морозного выветривания слоев с примесями, сопровождающегося механическим движением

обломков. На поверхностях всех экспозиций развиты карры — борозчатые, меандровые, трещинные. Трещинные карры достигают 12 м глубины и более 1 м ширины. Распространены воронки. Больших пещер здесь нет. Во втором типе, приуроченном к более распространенным складчатым структурам, вдоль трещин растяжения, параллельных осям складок, развиты пещерные ходы, сильно измененные текущей водой. Входы в пещеры открываются на дне естественных колодцев и воронок. Галерея одной из пещер отражена на поверхности серией воронок (Int. Spel.—

73, II: E. Werner, D. Medville).

В районе хребта Титон на моноклинали западного крыла большой складчато-блоковой структуры имеются полого наклоненные поверхности плато куэстового типа из палеозойских известняков и доломитов, на которых развиты карровые поля, в том числе площади с трещинными каррами типа известняковых "мостовых". Здесь представлен, следовательно, голый высокогорный известняковый и доломитовый карст. В бортах, расчленяющих моноклинали каньонов, открываются входы в пещеры с длиной проходов до полукилометра (Actes..., 1968: J. A. Stellmack).

Как отмечено выше, для области Кордильер, простирающейся западнее Скалистых гор, характерно локальное распространение известняков в виде небольших коротких полос. В этих условиях широкое развитие получили пещеры и вертикальные полости, карстовые шахты, местами воронки и карры, карстовые озера, в том числе периодические и с термальными водами.

Пещеры встречаются во всех штатах горного Запада США (Холидей, 1963; Halliday, 1963). Среди них — глубочайшая в США пещера Нефф-Каньон (357 м) на западном склоне хребта Уосатч, близ г. Солт-Лейк-Сити, в штате Юта. Любопытна история открытия пещеры Колоссал-Кэйв в Аризоне. Большой пещерный лабиринт был обнаружен в 1884 г., когда в пещере искали гангстеров, которые ограбили поезд на Южной Тихоокеанской дороге и забрали мешки с деньгами на сумму около 62 тыс. долл. золотом. Пещера образовалась в русле подземной реки с притоками. Имелись сведения о заснятых на план проходах пещеры длиной 62 км, однако достоверность их не доказана (Холидей, 1963; Minvielle, 1972). Разумеется, Колоссал-Кэйв, превращенная в заповедник и интересная миграцией летучих мышей, имеет крупные размеры, но она не значится в списке длиннейших пещер США даже на последних местах. Из пещер горной области Кордильер Запада США в этот список включены: Лилбурн (9,6 км), Лабиринт (3,7 км)

и Чарч (3 км) в Калифорнии, Сайлент-Ривер (около 13,5 км), Фоллс (4,9 км) и Роуринг-Спрингс (3,6 км) в Аризоне, Биг Хорн (3,2 км) в Монтане (Пещеры, в. 10—11, 1971; Chabert, Courbon, 1977).

Аппалачи характеризуются широким развитием карста, но не повсеместно: на севере и юго-востоке, в областях с герцинской складчатой структурой и интенсивным проявлением каледонских движений карстующиеся породы распространены локально. На западе они развиты гораздо шире, протягиваясь полосами, вытянутыми вдоль складок. Эта часть сложена палеозойскими осадочными породами, в том числе известняками и доломитами, подвергшимися складчатости в конце палеозоя. Аппалачское плато, простирающееся вдоль западного края горной системы и образующее ее предгорную зону, представлено почти горизонтально залегающими осадочными породами Северо-Американской платформы.

Аппалачское плато в значительной мере состоит из миссисипских известняков каменноугольного возраста. Оно расчленено узкими крутостенными долинами. На поверхности многочисленны воронки (от 3 до 150 м диаметром, иногда более, и до 60 м глубиной), сложные ванны (из соединившихся соседних воронок) и котловины типа увала. Некоторые увала (в Теннесси) по величине (до 8 км длиной и 3 км шириной) и характеру приближаются к полям. Имеются карстовые долины с крутыми склонами, подземные каналы, карстовые источники. Часто встречаются поноры более 60 м глубиной (один из поноров в Алабаме — 120 м). При обрушении сводов пещер возникают провальные воронки. Карстовые депрессии ("коув") превышают 3,2 км длины, 0,3—1,5 км ширины и 30—210 м глубины. На дне их есть мелкие воронки и поноры. Известно около 900 пещер.

Восточнее Аппалачского плато, в поясе складчатых структур, простирающемся к западу от Большой Долины, закарстованы силурийские и девонские известняки (к северу от центральной Виргинии), а также кембрийские и ордовикские

известняки и доломиты. Карстовые явления здесь менее разнообразны. Имеются сравнительно небольшие воронки, поноры, колодцы, подземные водотоки, сухие долины, воды которых поглощаются понорами в подземные русла. Известно около 750 пещер.

Обширной карстовой областью Аппалачей является Большая Долина — продольное понижение в горной системе, протягивающееся от Нью-Джерси до Алабамы. Здесь залегают известняки и доломиты кембрийского и каменноугольного возраста. Поверхностные формы карста — воронки, котловины — увала приурочены к холмистым, низким районам и днищам долин. Воронки имеют диаметр от 6 до 600 м, глубину 3 — 36 м и более. На дне их — прикрытые наносами трещины и поноры. Местами среди задернованных поверхностей на крутых откосах выступают слои известняков, испещренные каррами. В Большой Долине насчитывают более 2100 пещер, из которых 1100 в Виргинии.

Многие пещеры Аппалачей в штатах Западная Виргиния и Виргиния очень большие: в Западной Виргинии — Гринбрайер (Орган) (51,5 км), Хоул (26,4 км), Калверсон-Крик (25,7 км), Фриарс-Хоул — Раббер-Чикен (24,6 км), МкКланг (20,8 км), Уинди-Маус (19,1 км), Максвелтон-Синк (13,7 км); в Виргинии — Бутлер-Синкин-Крик (28,8 км), Перкинс (13,8 км). В Виргинии издавна пользовалась известностью Лурейская пещера с замечательными по красоте геликтитами, сталактитами, сталагмитами и ребристыми колоннами.

В Приатлантической области равнин, охватывающей значительные части Северной и Южной Каролины, Джорджии, Алабамы и всю Флориду, карстовые явления распространены в известняках от среднеэоценового до среднемиоценового возраста, а в южной Флориде и плейстоценового возраста. При почти горизонтальном залегании слои известняков слегка наклонены в сторону побережья. Существенное значение для развития карста имело эвстатическое колебание уровня океана. На юге Флориды

карст развивается в тропических условиях. В Джорджии подземные воды направляются от внутренней окраины равнины на юго-восток к Атлантическому побережью и на юг, во Флориде — в основном к Мексиканскому заливу. Под покровом водонепроницаемых слоев они движутся под напором, заполняя карстовые полости, над которыми образуются провалы, превращающиеся в озера (Флорида). На равнине в других штатах также встречаются провалы, занятые озерами. Карстовых озер вообще много, особенно во Флориде. Это объясняется некоторыми особенностями истории развития территории, близостью к поверхности карстовых вод и значительным количеством осадков, особенно на юге Флориды (1200 мм/год). Поверхностных карстовых форм много на побережье, но значительная часть их перекрыта песками и глинами миоцена и плейстоцена и замаскирована (Corbel, 1958).

Своеобразие карста Флориды было отмечено У. М. Дейвисом. Пещер, заполненных воздухом и доступных для исследования, здесь немного, хотя "некоторые из них достигают сотни футов или более в ширину и нескольких миль в длину" (Davis, 1930, p. 490). В списке крупных пещер США из пещер Флориды значатся Пикок-Слау (6,1 км) и Варренс (6 км). Натечных образований в пещерах мало. Многие пещерные тоннели находятся ниже уровня грунтовых вод и заполнены водой. В результате обрушения сводов карстовых полостей, образованных подземными водами, на поверхности полуострова возникли многочисленные воронки. Небольшие озера, находящиеся во многих провалах, имеют глубины 30 — 60 м, их уровень соответствует уровню грунтовых вод (если это не временные скопления дождевой воды). Для Флориды характерны крупные карстовые источники, вытекающие из заполненных водой пещерных тоннелей. Попадают субмаринные источники. В наибольшем из них вода поднимается с такой силой, что во время штиля на поверхности моря заметна выпуклость (Davis, 1930).

В США распространен не только карбонатный, но также гипсовый и соляной карст, например в западной части Оклахомы, на севере и в центре Техаса, в юго-восточной части Нью-Мексико и Центральном Канзасе, где в результате выщелачивания гипсов каменноугольного и пермского возраста образовались провальные воронки и пещеры. Алебастровая пещера в Оклахоме открыта для посещения туристов. Известна гипсовая пещера Хенквенет в Канзасе (Гвоздецкий, 1967б).

Тропический карст Юкатана на юго-востоке Мексики, по материалам У. М. Дейвиса (Davis, 1930), близок к карсту Флориды, особенно в северной части полуострова. На Юкатане карст распространен на поверхности четвертичных, плиоценовых и миоценовых известняков, которые залегают почти горизонтально. Части полуострова, сложенные известняками разного возраста, имеют и разновозрастную поверхность. Узкая прибрежная полоса Северного и Северо-Западного Юкатана — наиболее молодая часть и без того геологически юного полуострова — сложена четвертичными толщами известняков и известковистых песчаников, которые продолжают под водами Мексиканского залива. Естественно, что ее поверхность имеет четвертичный возраст. Южнее располагается неогеновая поверхность. Территория к северу от гряды холмов, называемой "Сьеррита", образовалась в плиоцене, к югу от нее — в миоцене.

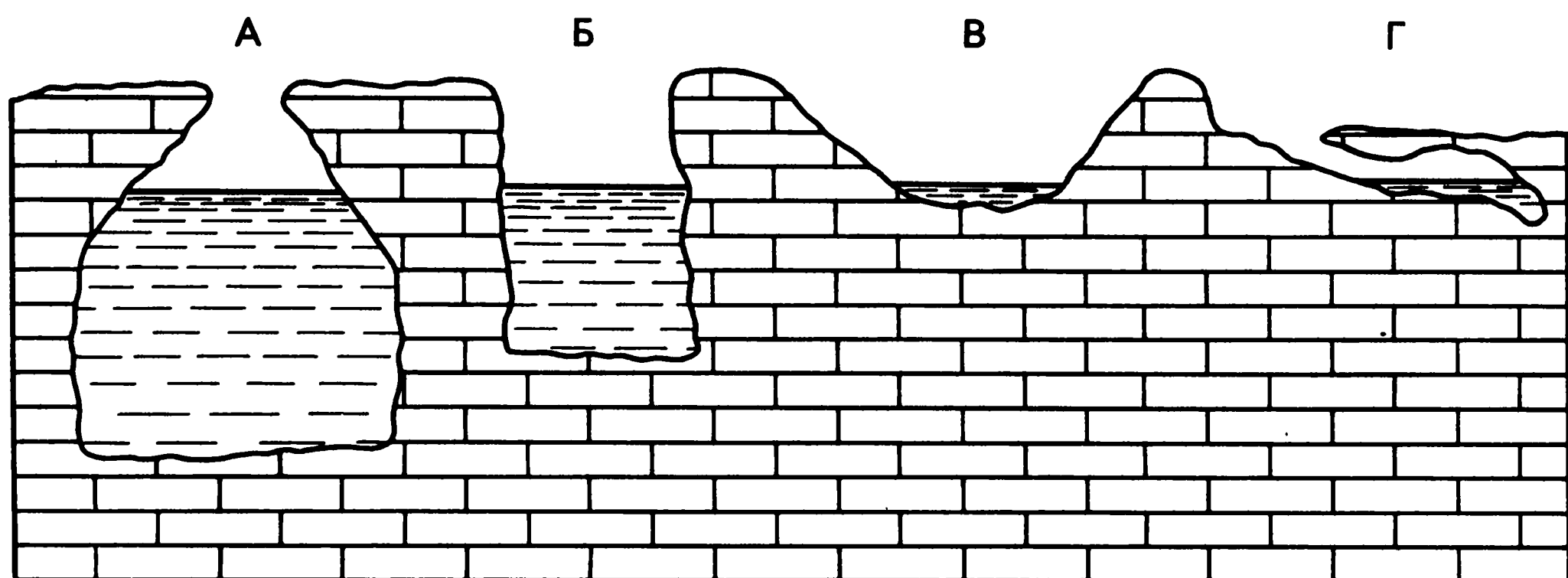
Из карстовых форм Юкатана наиболее характерны пещеры и колодцеобразные провалы, в большинстве случаев полностью (близ побережья) или частично заполненные водой. Их называют "сеноте". Типичный пример — карстовый колодец Чичен-Ица к юго-юго-востоку от г. Мерида. Он круглый, с вертикальными стенами из слоистых известняков, диаметром 65 м и глубиной до поверхности воды около 20 м. Глубина озера на дне примерно 15 м. Различают несколько разновидностей сеноте: типа бутылки, ширина которой возрастает к основанию, т. е. верхние части бортов нависают; в виде цилиндра с отвесными стенами (как

Чичен-Ица); старые сеноте с обрушившимися бортами заполняются водой большей частью лишь в дождливый период; форма, переходная к пещере, — на одном из бортов имеется навес, перекрывающий наподобие крыши лежащее на дне озерко. Сеноте образовались путем провала сводов пещерных полостей, о чем наглядно свидетельствует наличие первой и последней разновидностей. С древнейших времен сеноте используются для водоснабжения. Особенно многочисленны они в западной части Юкатана, что до известной степени объясняет наибольшую плотность здесь населения.

Сеноте и другие типы карстовых воронок более всего распространены в местах залегания плиоценовых известняков.

В миоценовой полосе территории штата Кампече многочисленны глубокие пещеры, что объясняется большой приподнятостью и относительной древностью поверхности и большим количеством осадков, чем на севере Юкатана. Пещера Кауа имеет длину 6,7 км. Во внутренней части полуострова, сложенной миоценовыми известняками, зарождается поверхностная гидрографическая сеть. Короткие речки и ручьи исчезают в больших озерах, выполняющих функции поноров.

Все карстовые явления Юкатана генетически и функционально связаны между собой. Атмосферные осадки, поглощаемые через зарождающиеся поверхностные водотоки, пещеры, поноры приподнятой поверхности из миоценовых известняков, проникают в глубь известняковых толщ, имеющих слабый наклон к северу, и питают подземные карстовые воды. Двигаясь по наклону слоев в сторону побережья Мексиканского залива, подземные воды разрабатывают пещерные тоннели и полости, над которыми из-за провала свода возникают сеноте. Пройдя по подземным пустотам, пресные воды выходят на дневную поверхность в виде бесчисленных родников как в лагунах, отгороженных песчаным береговым валом, так и за этим валом в открытом море. Жители прибрежных поселений Юкатана нередко вынуждены



138. Типы сеноте Юкатана.
По Р. Роблес-Рамосу

отправляться за пресной водой в глубь Мексиканского залива на лодках (Региональное карстоведение, 1958: Н. А. Гвоздецкий, Я. Г. Машбиц; Corbel, 1958; Davis, 1930).

К юго-западу от Юкатана, в простирающейся вдоль южного побережья Мексиканского залива провинции Табаско, на юге этой провинции в ее средней части, в бассейне р. Грихальва, восточнее населенного пункта Теапа типично выражен останцовый тропический карст, развитый в известняках мелового возраста. Останцы представлены куполовидными и крутыми башнеподобными формами, причем из-за скалистости и неровности поверхности пространства останцового карста земледельчески почти не освоены и одеты густым тропическим лесом (Gerstenhauer, 1960).

На юго-восток отсюда, у границы с Гватемалой, в области Сельвы лакандонов и на соседней к югу и юго-западу территории верховья Рио-Санто-Доминго (бассейн Усумасинты), между озерами Монтебельо и Мирамар, экспедицией польских спелеологов (1969 г.) обследовано свыше двух десятков пещер, не выделяющихся значительными размерами, преимущественно активных, с подземными реками и озерами, с натечно-капельными образованиями в виде сталактитов, массивных сталагмитов, сталагнатов и пр. В пути исследователям попадались поноры с исчезающими в них реками и ручьями, воклюзские источники, изредка встречались карстовые останцы, но

типичный останцовый карст обнаружен не был.

За месяц до путешествия по Сельве лакандонов экспедиция польских спелеологов побывала в горах Маса-тека, тоже в Южной Мексике (провинция Оахака), в районе индейского городка Уаутла, примерно в 140 км к юго-западу от Веракруса и в 110 км на юго-юго-восток от вулкана Орисаба. Здесь она обследовала огромную и труднодоступную пещеру-пропасть Сотано-де-Сан-Аугустин, проникнув вглубь от поверхности земли на 300 м. Побывавшая в этой пещере-пропасти несколько месяцев ранее американо-англо-канадская экспедиция достигла глубины 612 м (рекордная глубина для американских карстовых полостей), но тоже не смогла спуститься на дно пропасти (Кучинский, 1977). Наиболее глубокой карстовой полостью Мексики в этом районе считалась, по данным Г. Триммеля, Рио-Иглесиа, глубиной 535 м и длиной 3,8 км (Пещеры, вып. 10—11, 1971). Неясно, какую гигантскую пещеру (в этом или же в другом районе) имеет в виду М. Кучинский, когда говорит, что они проплыли в пещере 3 км и преодолели 80-метровый подъем, потом "снова плыли и шли вброд еще четыре километра, пока не оказались по другую сторону гор" (Кучинский, 1977, с. 23).

В Мексике известняковый карст развит еще в третичных отложениях побережья Калифорнийского залива, где известны пещеры, и в меловых отложениях Восточной Сьерра-

Мадре, где кроме многочисленных пещер есть воронки, участки карровых полей, воклюзские источники. Карстовые явления изучены в меловом рифе меридиональной передовой цепи Восточной Сьерры-Мадре — *Сьерра-де-Эль-Абра* (примерно в 120 км к западу от г. Тампико), которая пересекается границей штатов Тамаулипас и Сан-Луис-Потоси. Здесь развиты активные и мертвые пещеры, образованные фреатическими водами по хорошо развитым системам трещин и временными вадозными потоками (на западном краю хребта); у восточного подножия хребта — карстовые источники; на вершинном плато — карры (Bonet, 1953; Int. Spel.— 73, II: J. Fish, D. C. Ford; R. W. Mitchell, W. H. Russel). Пещеры Арройо и Тинаха имеют длину 7,2 (длиннейшая в Мексике) и 4,5 км. Другие пещеры Сьерры-де-Эль-Абра (Хапонес, Монтесийос, Тигре) достигают длины около 3 км.

Большой интерес представляет карст пограничной с Мексикой Гватемалы. В низкой северной части страны, которая продолжается на территорию Юкатана и называется равниной *Петен*, карст развит в мезозойских и неогеновых известняках. Характерны подземный сток, исчезающие и внезапно появляющиеся реки, пещеры, например Джобитцинай — одна из самых красивых пещер Гватемалы, в ближайших окрестностях г. Флорес. Местами развит останцовый тропический карст. Южнее, по северной окраине Гватемальского нагорья, простираются невысокие (до 1500 м) горы *Альта-Верапас*, где в известняках карбона и мела развиты карры, поноры, подземные реки, провалы, пещеры, нередко с подземными водотоками. Самая известная среди пещер — Лангин (по Д. Новаку — Ланквин). Во многих местах в пещерах найдены следы культовых обрядов индейцев. Через р. Кобан перекинут естественный мост из травертина (Горбунова, Максимович, 1972). Экспедиция французских спелеологов в одном из гротов обнаружила следы цивилизации древних индейцев майя — каменные скульптуры диких птиц и зверей, керамические изделия и пр. Западнее гор Альта-

Верапас протянулось в широтном направлении высокое (до 4000 м) известняковое плоскогорье *Кучуматанес* с провалами, останцами, пещерами. По данным Д. Новака, здесь имеются ледяные пещеры. Карстовый район равнины Петен продолжается в соседний Белиз, где в кристаллических меловых известняках платформы развит тропический конусовидный карст, сходный с карстом области Кокпит на Ямайке. Под конусовидным карстом скрываются пещерные системы длиной до 20 км, в большинстве случаев в виде активных вадозных каналов (Proc. 7ISC — 77: T. E. Miller).

Известняковый тропический карст широко распространен на Больших Антильских островах. На Кубе развит останцовый карст с коническими и куполовидными известняковыми возвышениями (по-кубински — "моготе"), но встречаются и другие типы карста (Егоров, 1971; Национальный атлас Кубы, 1970; Нуньес Хименес, 1969; NÚñez Jiménez, Panoš, Štelcl, 1968, 1969). Закарстованы преимущественно известняки, отчасти доломиты и мраморы верхней юры, мела, олигоцена, миоцена и четвертичного возраста. Преобладает карст в известняках юры, олигоцена и миоцена. Гипсовый карст распространен ограниченно в диапировых структурах соляных куполов, покрытых карбонатными породами, на севере средней части острова, но развит там весьма интенсивно. Разнообразие геолого-геоморфологических условий развития карста и карстовых форм (карры, воронки разного рода, колодцы и шахты, поля, слепые и полуслепые долины с понорами, конические и башенные останцы, куполовидные останцы, естественные мосты, пещеры), а также гидрологических явлений (карстовые озера, источники) наглядно отражено на карте карста в Национальном атласе Кубы.

Внимание карстоведов всего мира особенно привлекал останцовый тропический карст знаменитой *Сьерры-де-лос-Органос* в западной части острова и других низкогорий и возвышенностей (Lehmann, 1960; Actes..., 1968: V. Panoš, O. Štelcl). В горах



139. Долина Виньялес на Кубе с карстовыми останцами — моготе.
фото Н. А. Гвоздецкого

Сьерра-де-лос-Органос закарстованы плотные известняки верхнеюрского возраста. Характерны крутостенные останцы — моготе. Стены моготе — крутые, образовались из-за обваливания известняков по вертикальным трещинам, которые всюду видны в обрывах. Они расширились в процессе выщелачивания, и по ним разработаны пещерные полости и ниши. Большую роль в обрушении скал и образовании отвесных стен играет и подтачивание бортов моготе снизу: у базисной поверхности в основании моготе во многих местах видны глубокие низкие ниши, дно которых продолжает соседнюю равнинную поверхность и несколько углублено по отношению к ней, что способствует стеканию туда воды. Даже в сухую погоду дно таких ниш бывает мокрым — оно затенено, и во влажном воздухе вода испаряется слабо. Склоны моготе местами обнажены и представляют собой отвесные известняковые обрывы со стенными каррами и пр., но большей частью в густых лесных тропических зарослях.

Наряду с участками, где моготе поднимаются среди равнинных про-

странств, сохранились массивы еще слабо расчлененных плато, крутостенных и тоже густо облесенных. Такие плато поднимаются, например, за долиной Виньялес с многочисленными моготе, славящейся своей красотой (ил. 139). Эта долина представляет собой крупное, в основе карстово-эрозионное поле с исчезающими под землю у ее северного борта реками. Западнее и восточнее есть еще сходные с ней плоскодонные долины с множеством моготе. Одна из них — Сан-Андрес — служит как бы восточным продолжением долины Виньялес, а другая, расположенная западнее, — живописная Исабель-Мария, "уступающая пальму первенства только долине Виньялес" (Нуньес Хименес, 1969, с. 223). Днища этих долин не полностью выработаны в карстующихся известняках. В осевых частях они имеют эрозионно-денудационное происхождение, но у северного края и близ скоплений моготе переходят в карстово-денудационные краевые равнины, сформировавшиеся на месте прежних известняковых плато. В районе Сьерра-де-лос-Органос много исчезающих под землю водотоков,



140. Массив Лома-эль-Паленке — восточное окончание Сьерры-де-Камаронес. Видны большие гроты со сталактитовыми занавесями.
Фото Н. А. Гвоздецкого

есть большие, часто многоэтажные, сталактитовые пещеры.

Горы Сьерра-де-лос-Органос расположены в провинции Пинар-дель-Рио, к западу-юго-западу от Гаваны. Восточнее Гаваны тоже есть известняковые возвышенности с моготе: Эскалерос-де-Харуко, Сьерра-де-Камаронес, Ломас-дель-Грильо (ил. 140 — 143). Здесь закарстованы палеогеновые (олигоценые) известняки, а на других грядах, с низкими куполовидными моготе (ил. 144), — и неогеновые (миоцен). В горах Сьерра-де-Камаронес автору вместе с кубинскими коллегами удалось провести площадную геоморфологическую съемку, в процессе которой было сопоставлено простирающееся разрезом рассекающих это платообразное поднятие карстово-эрозионных долин и участков северного обрыва с системами трещиноватости. Сопоставление показало поразительное совпадение (ил. 145), что доказывает огромную геоморфологическую роль трещиноватости известняков в условиях тропиков (Гвоздецкий, Матео, 1973).

Хотя зрелость рельефа останцового



142. Моготе с тропической растительностью на возвышенности Ломас-дель-Грильо.
Фото Н. А. Гвоздецкого

тропического карста свидетельствует о его почтенном возрасте, кубинский останцовый карст даже в наиболее древних для него юрских известняках мог развиваться лишь с олигоцена, после эоценовой складчатости (С. В. Егоров). Зрелость карста свидетельствует об интенсивности карстовых процессов в сезонно-влажном



141. Моготе на возвышенности Ломас-дель-Грильо.
Фото Н. А. Гвоздецкого

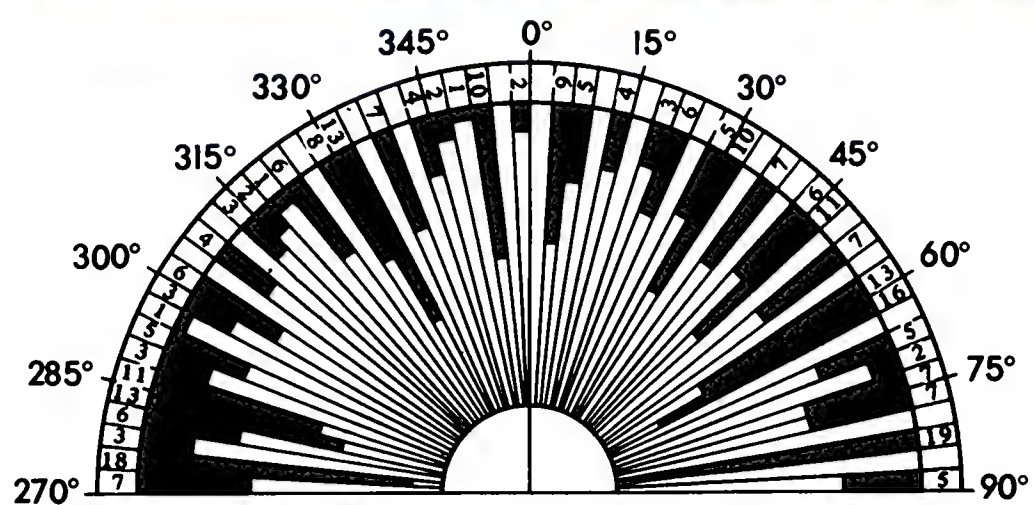


143. Моготе с большой карстовой нишей
в известняковом обрыве. Возвышенность
Ломас-дель-Грильо.
Фото Н. А. Гвоздецкого

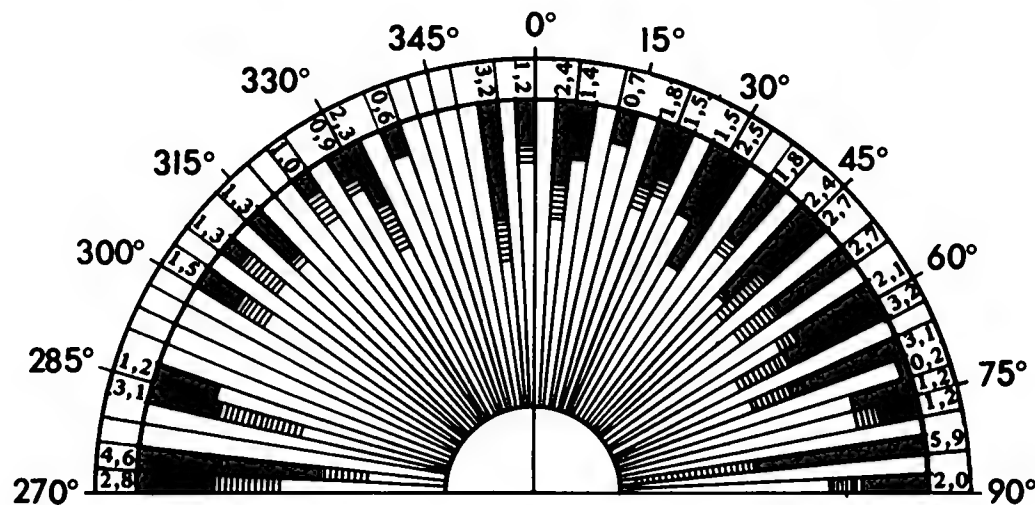
тропическом климате. Есть предположение о том, что этот карст развивался в эпохи более сухого климата, но с этим трудно согласиться. Что касается образующихся в современных климатических условиях твердых защитных кор (Panoš, Štelcl, 1968), то, по нашим наблюдениям, существенную роль они играют в куполовидном

останцовом карсте, где останцы образованы мергелистыми известняками, практически лишенными трещиноватости; в этом случае коры препятствуют дальнейшему поверхностному выщелачиванию и размыву склонов останцов. В твердых же трещиноватых известняках, образующих крутостенные моготе, развитие карста продолжается под действием дождевых вод, проникающих в трещины и скапливающихся у базисной поверхности в основании останцов.

Об исключительной интенсивности развития карста свидетельствует характер карровых поверхностей. Возле пещеры Ла-Плюма (близ северного побережья к западу от Матанса) автор наблюдал карры в виде "объемного кружева", где выступы между карровыми углублениями продырявлены насквозь и выщелочено приблизительно 70% объема породы (Гвоздецкий, 1976). Л. Якуч такого же типа карры наблюдал в провинции Орьенте, и он назвал их "корневидными", т.е. как бы продырявленными корнями. Объем выщелоченной породы он оценил в 75% (Jakucs, 19776).



А



Б

144. Куполовидные могилы к востоку-северо-востоку от селения Мадруга
Фото Н. А. Гвоздецкого

145. Отражение систем трещиноватости в морфологии возвышенности Сьерра-де-Камаронес на Кубе.

По Н. А. Гвоздецкому и Х. Матео (1973)

А — диаграмма трещиноватости олигоценых известняков. Цифры внутри полукруга и черная заливка показывают количество замеренных трещин разных направлений. Б — диаграмма направлений долин (черная заливка) и отрезков северного обрыва (штриховка). Цифры внутри полукруга показывают километраж отрезков разных направлений

Наряду с останцовым карстом в платформенной обстановке слабо приподнятых равнин (Егоров, 1971) распространены типы карста, имеющие аналоги в умеренных широтах. Например, на южной равнине провинции Гавана, севернее селения Сан-Николас, в районе пещеры Кантаналь, что находится к юго-западу от Гаваны, и у южной окраины г. Карденас, в провинции Матансас, нами наблюдался задернованный карст с воронками и блюдцами поверхностного

выщелачивания. Покрытый карст широко распространен на южной равнине в провинции Пинар-дель-Рио. Задернованный и покрытый карст Кубы следует рассматривать в качестве особых, тропических, типов карста, аналогов соответствующих типов карста умеренных широт.

Своеобразен частично задернованный облесенный карст низких известняковых равнин, с которым можно было ознакомиться на равнинах возле пещеры Ла-Плюма и у побережья Карибского моря на полуострове Гуанаакабибес. Почвенный покров здесь фрагментарен, а карры развиты настолько интенсивно, что в случае сведения леса эти территории невозможно будет использовать не только для земледелия, но и в качестве пастбищ. Закарстованные равнины местами имеют свежие провалы, возникшие над пещерными ходами и полостями. Для низких прибрежных известняковых равнин характерны карстовые озера — лагуны округлой формы (ил. 146). У южного побережья, западнее бухты Кочинос, и местами вдоль северного побережья центральной части острова есть субмаринные источники (Егоров, 1971).

Территория Кубы представляет большой интерес в спелеологическом отношении. Самая крупная пещера Кубы — Пердидос в горах Сьерра-дель-Росарио, 26 км длиной. Более известна вторая по длине — Санто-Томас в горах Сьерра-де-лос-Органос, 25 км длиной. В ней насчитывают до пяти ярусов, в нижнем из которых находятся подземные русла р. Санто-Томас и ее притоков. Выше расположена славящаяся красотой убранства пещера Салон, а на еще более высоком уровне "открывается одна из самых прекрасных в мире пещер — Эскаларта с белыми и красными кристаллическими натеками и тысячами сталактитов и сталагмитов" (Нуньес Хименес, 1969, с. 224). Кроме них в провинции Пинар-дель-Рио имеются еще пещеры длиной от 10 до 23,5 км. Уникальна по обилию и красоте натечно-капельных образований, особенно геликтитов, знаменитая пещера Бельямар возле Матансаса. Она состоит из пяти этажей



146. Карстовое озеро — лагуна Сан-Хуан на западе Кубы
Фото Н. А. Гвоздецкого

и имеет длину 3,2 км. В пещере Паредонес (к юго-западу от Гаваны) выращивают шампиньоны. На стенах многих пещер, в том числе в посещенной нами пещере Ла-Плюма (2,9 км), привлекает внимание рисунчатое письмо (пиктография) населявших прежде Кубу индейских племен.

Карстовые полости в карбонатных толщах обнаруживаются на Кубе (при бурении и геофизическими методами) ниже уровня моря на очень больших глубинах, что позволило выделить особый тип карста — глубочайший карст (Int. Spel.— 73, III: A. Núñez Jiménez, G. Echevarria).

Останцовый тропический карст ярко выражен на островах Ямайка и Пуэрто-Рико. На Ямайке закарстованы известняки, имеющие возраст преимущественно от среднего эоцена до нижнего миоцена. Известняковое плоскогорье (до 1158 м высотой) с типично выраженным тропическим карстом занимает большую часть острова. Оно сложено олигоцен-нижнемиоценовыми (белыми) известняками, под которыми залегают эоценовые (желтые) известняки. Известняковые толщи изогнуты в виде складок широтного простирания и осложнены разломами того же направления. Известняки массивные, отли-

чаются чистотой химического состава, что во влажном теплом климате создает условия для развития останцового тропического карста на поверхности и многочисленных пещер в глубине. Скорость карстовой денудации на Ямайке, по подсчету Д. И. Смита, составляет 96—86 мм/1000 лет (Limestone geomorphology..., 1969; см. прилож. № 1).

Различают два основных типа останцового тропического карста Ямайки: 1) конусовидный, где конусовидные останцовые возвышения, до 120 м высотой, чередуются с котловинами и замкнутыми долинами. Поверхность известняков испещрена каррами с острыми ребрами между ними. Этот тип карста характерен для белых известняков и распространен наиболее широко. В области Кокпит, к югу от северного Берегового хребта, он переходит в особую разновидность тропического карста с глубокими округлыми и звездчатой формы депрессиями. Эта разновидность напоминает, по-видимому, "лабиринтовый карст" Новой Гвинеи (см. гл. 7), но с более крутыми коническими возвышениями. Типичны, однако, и пирамидальные холмы (Corbel, Muxart, 1970); 2) башенный карст с изолированными башнеобраз-

ными останцами высотой до 180 м, которые разделены плоскими аллювиальными равнинами. Он распространен на севере в зоне разломов и во внутренних частях долин в центре острова.

На участках с выходом на поверхность желтых известняков встречаются площади с карстовыми воронками. Много здесь и пещер. На Ямайке есть поля с текущими по дну реками. В крупных карстовых формах и на склонах гор распространены карры. На плоскогорье мало поверхностных водотоков, характерны подземный дренаж и мощные карстовые источники у подножия.

Около 400 пещер известно на Ямайке. Большие пещеры связаны с подземной водной сетью, имеют активные обводненные каналы. В сухих пещерных тоннелях ясно видны следы прежней эрозии. В потолке пещер, как и в некоторых пещерах Кубы, часто имеются отверстия, образовавшиеся вследствие обвалов. Сильно развиты сталактиты, сталагмиты и каскадные покровы. Пещера Виндзор в области Кокпит имеет протяженность около 3 км. Есть пещеры длиной более 3 км, до 5,5—5,6 км (Кэйв-Ривэ, Ноизи-Ривэ). Три пещеры полностью оборудованы как туристические (Максимович Е. Г., 1971; Birot, Corbel, Muxart; Int. Spel.—73, VII: R.M. Frank; Karst. Important Karst Regions..., 1972: H.R. Versey; Limestone geomorphology..., 1969; Proc. 7ISC—77, pp. 143—146, 401—404, 414—419; Sweeting, 1958). Пропасти имеют глубину до 186 м.

На о. Пуэрто-Рико карст развит в олигоценовых и миоценовых чистых известняках, которые господствуют в широкой полосе вдоль северного берега острова, где они на многих участках перекрыты слоями кварцевого песка и каолиновых глин; меньшую площадь известняки занимают на южном берегу острова. Карстовые останцы в северо-западной части о. Пуэрто-Рико — известняковые холмы "пепино" (по-испански — огурец) имеют резкую коническую или куполовидную форму. Относительная высота их колеблется от 6 до 90 м. Пространство между останцами изрыто воронками в виде ям и впадин.

Этот карст считают сходным с ямайским в области Кокпит (Proc. 7ISC—77, p. 83). Часто останцы располагаются линейно, с севера на юг, их западные склоны отличаются большей крутизной и кавернозностью. Характерны поноры, подземные реки, иногда появляющиеся на дне провалов. На поверхности местами можно слышать глухой шум подземных потоков. Одна из рек на некоторое расстояние скрывается под землю (Davis, 1930).

Пространство северной равнины, на которой распространен карст, в полосе, ближней к океану, лежит на абс. высоте около 200 м. Здесь, среди резко расчлененного рельефа останцового карста, ярко выражены геоморфологически равнинно-холмистые и плоские песчаные пространства, сухие долины, где карстовые депрессии — воронки и увала — выровнены и выстланы песчаным наносом (Monroe, 1969; он же — Int. Spel.—73, II). Южнее поверхность с останцовым карстом поднимается до 300—400 м. Здесь, местами в более древних (олигоценовых) рифовых известняках, формы останцов представлены более резко, чем в северной полосе, преимущественно с куполовидными останцами в слоистых известняках миоцена (Birot, Corbel, Muxart; Monroe, 1962; Gerstenhauer, 1964). Останцы с облесенными склонами поднимаются над возделанными равнинными пространствами. На севере острова есть пещера Рио-Камуи (около 7 км длиной).

Карст Пуэрто-Рико шире и интенсивнее развит в северной части острова потому что здесь больше выпадает дождей, хотя тектонические условия и менее благоприятны, чем на юге (Proc. 7ISC—77: W. H. Monroe).

Карстовые явления встречаются и на Малых Антильских островах — Кюрасао, Бонайре, Барбадосе. На Багамских островах в приподнятых четвертичных коралловых известняках образовались пещеры и карстовые воронки (Kosack, 1952). Давно известны сталактитовые пещеры Бермудских островов. Многочисленные белоснежные сталактиты и сталагмиты резко выделяются на фоне морской воды, заполняющей

пещеры, и это придает им удивительную живописность (Davis, 1930; Int. Spel.— 73, III: G. G. Forney). Пещеры развиты в известняках раннего плейстоцена (Proc. 7ISC — 77, p. 336). Отмечались на Бермудских островах карры, ниши и гроты в береговых уступах. Что касается замкнутых депрессий, в том числе провальных (Максимович, 1976б), то их карстовое происхождение сейчас оспаривается (G. G. Forney).

ЮЖНАЯ АМЕРИКА¹

В современных работах приводится картосхема, где показана обширная область карста влажных тропиков, охватывающая север и частично внутренние районы (Мату-Гросу) Южной Америки (Corbel, 1971; Corbel, Muxart, 1970). Сюда входят Венесуэла, Колумбия, более половины площади Бразилии и другие страны. Естественно, что очерченная область не характеризуется сплошной закарстованностью, поскольку карстующиеся породы занимают здесь сравнительно ограниченные территории. Здесь наиболее изучены, пожалуй, карст и в особенности пещеры Венесуэлы. Карст в этой стране распространен в предгорных и горных районах севера (восточная ветвь северной оконечности Анд), частично на западе Гвианского нагорья, впрочем, у нас нет данных о том, что включенные в спелеологический кадастр Венесуэлы шесть пещер, находящихся на территории Амазонас, являются карстовыми. Поэтому мы сосредоточим внимание на заведомо карстовых районах севера Венесуэлы.

На северо-западе и севере страны карст распространен в штатах Фалькон, Миранда и в Федеральном округе (с центром в столице Каракас). В штате Фалькон в горном массиве *Сьерра-де-Сан-Луис*, сложенном карбонатными породами мела, распространены конической формы воронки, глубокие (до 305 м) пропасти

и пещеры. Встречаются карстовые явления и в других местах штата Фалькон. В двух пещерах штата обнаружены петроглифы. Много пещер и пропастей находится в известняках штата Миранда. Пещера Альфредо-Хан (в хр. Биронго) имеет длину 4,3 км, другие пещеры достигают длины 0,5 — 1 км.

На северо-востоке Венесуэлы карст развит в меловых известняках *Сьерры-Кумана*, ее отрогов и предгорий. Это территории штатов Ансоатеги, Сукре и Монагас. Здесь можно видеть карры, карстовые воронки, провальные полости и депрессии (длиной до 0,5 км), возникающие вследствие провала сводов пещер. Больше всего пещер в штате Монагас, значительные пещеры (длиннее 1 и 0,5 км) есть в штате Ансоатеги. Самая крупная и известная пещера Венесуэлы (длиной 10,2 км) — Гуачаро в штате Монагас. Через ее гроты и проходы протекает подземный поток. Разнообразны натечно-капельные образования из белоснежного и окрашенного в разные цвета кальцита. Есть гипсовые кристаллы, образующие иглы, цветы и т.п. (Максимович, 1974; Int. Spel.— 73, V: F. L. Pérez, F. Enrech; White and oth., 1963).

По северной окраине *Гвианского нагорья* в Венесуэле развит силикатный брадикарст в виде пещер, провалов в железистых кварцитах и вытекающих по периферии массивов источников (Максимович, 1975).

В Колумбии, в мезозойских известняках Западной Кордильеры к востоку от р. Аtrato, в частности в департаменте Антиокия, известны карры и описано несколько пещер. По Национальному парку на территории пещеры Гуачаро протекает река, теряющая на некоторых участках половину своего расхода вследствие поглощения воды трещиноватыми известняками. Пещера Гуачаро с двумя подземными реками имеет длину более 0,8 км. Есть в ней капельники в виде тонких пустотелых трубочек. В гроте у главного входа обитает птица гуачаро, или гуахаро, сохранившаяся сейчас только в некоторых национальных парках Южной Америки. Пещера Индио, в том же Национальном парке, длиннее (свыше

¹ Краткое обобщение материала о карсте Южной Америки выполнено Г. А. Максимовичем (1962в). Оно использовано в наших прежних обзорах (Гвоздецкий, 1967б, 1972 и др.). В данном разделе мы сделаем дополнения по новым источникам.

1,2 км), здесь протекают два ручья, имеются русла временных водотоков и каскады гуров. В горах провинции Сантандер (Ла-Пас) есть огромная пропасть Аире, с диаметром отверстия 160 м и глубиной 280 м, а также пещера Колумбия, длиной 840 м. Польской экспедицией в 1975 г. в районе Сан-Хиль исследована пещера Гдыня-Парамо, длиной 1,2 км. Спелеологи достигли дна пропасти Аире и исследовали еще одну пропасть более 100 м глубиной (Chabert, Courbon, 1977).

В нефтегазоносных впадинах Колумбии при бурении на нефть был изучен глубинный карст в отложениях верхнего мела и олигоцена (Максимович, 1976а).

В складчатых мезозойских (меловых) известняках Западной Кордильеры Эквадора также известны карры и пещеры. Самая большая пещера — Тайос (4,9 км длиной и 186 м глубиной) находится на юго-востоке страны (Морона, Сантьяго). Ряд отдельных районов Перу характеризуется карстовыми явлениями главным образом в меловых и юрских известняках. Местами карст развит в северном отрезке перуанских Кордильер: у Селедина, Кахамарка (пещера Ускописко, ок. 1 км длиной), южнее — к востоку от Кордильера — Бланка. У Тинго-Мария известна пещера Лечузас (со́вы). Южнее, тоже в восточных предгорьях Анд, в департаменте Хунин расположена одна из крупнейших пещер Перу — Пача-Матчай. В ней найдены каменные топоры, ножи, наконечники копий и пр. Эти находки имеют возраст около 9 тыс. лет до н.э. В районе Тарма (тот же департамент) исследованы пропасть Мильпо, глубиной 407 м и длиной 2,1 км, и пещера Гуагапо (1,9 км). Карры и воронки в мезозойских известняках встречаются северо-западнее оз. Титикака, а у Куско карст развит, по-видимому, в известняках палеозоя.

В марте 1974 г. в газетной прессе сообщалось об исчезновении под землю поселка Сан-Матео в департаменте Уанкавелика (в горах Кордильер к юго-востоку от Лимы). На месте поселка образовалось болото. Невозможно определенно утверждать, что

это связано с карстовым провалом; здесь могло произойти и катастрофического характера тектоническое погружение, однако тогда наблюдалось бы землетрясение, но в прессе о нем ничего не сообщалось.

Карст в палеозойских известняках локально распространен в высоких Андах Боливии у Кочабамба. Возле Сан-Педро-де-Сората есть пещера длиной 660 м. Более крупная пещера, Умахаланта (длиной 1,6 км, глубиной 130 м), расположена в провинции Чарка (Потоси).

В Береговых Кордильерах Чили, возле Консепсьон, в мезозойских (меловых и юрских) известняках также есть пещеры и карры. Известна пещера Милодон на юге страны. В Андах Аргентины, у Мендоса и в Патагонии, встречаются карры и карстовые ванны (Kosack, 1952); в районе Мендоса — пещеры Бруха (2,5 км) и Донья Отилия (0,8 км). Карст местами развит на тихоокеанском побережье Южной Америки и ближайших островах, особенно на юге Чили, а на дне Тихого океана выбиваются субмаринные источники.

Широкое развитие кристаллических пород на Бразильском нагорье ограничивает развитие карста. Местами здесь в известняках поглощаются поверхностные воды и исчезают водотоки. В штате Мату-Гросу в горах Бодокена есть известняковые пещеры. В штате Баия, недалеко от г. Бон-Жезус-да-Лапа (на р. Сан-Франсиску), развиты карстовые колодцы, пещеры и карры с остроугольными выступами. В штате Минас-Жерайс, севернее его столицы — Белу-Оризонти, Ж. Трикар описал карст в силурийских известняках: останцовые изолированные массивы и грибообразные столбы, воронки и котловины, карры на склонах массивов (Tricart, 1956). В той же области, северо-восточнее Белу-Оризонти, в районе Итабира развит силикатный брадикарст — полости в железистых кварцитах (Максимович, 1975). В Паране отмечены пещеры и провалы в девонских и пермских известняках (Kosack, 1952).

Пещера Лапа-Нова ди Носса-Сеньора в Бразилии, близ г. Васанте

(Минас-Жерайс), развитая в силурийских известняках, отличается от других значительными размерами проходов и гротов (общая длина около 4 км), расположенных в два этажа, и разнообразием натечно-капельных образований (сталактитовые занавеси с бахромой, различной формы сталагмиты). В штате Гояс находятся крупнейшая в Южной Америке пещера Сао Матеус-Имбира (20,5 км) и Анжелика-Безерра (ок. 9 км), в штате Баия — Лапа-дос-Брежос (7,7 км).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ КАРСТА АМЕРИКИ

Развитый в Северной и Южной Америке карст играет большую роль в разного рода строительстве. Для примера укажем на гидротехническое строительство в долине р. Теннесси и ее притоков, где в условиях закарстованных известняков и доломитов сооружено несколько плотин гидроэлектростанций (Карстоведение, 1948: А. Ф. Якушова).

Многие месторождения различных полезных ископаемых связаны с карстом. В штате Миссури (США) свинцовые, цинковые и цинково-свинцовые руды приурочены к полого залегающим доломитам и известнякам и к вторичным кварцитам карстовых воронок, подземных каналов и пещер. Карстовые воронки окаймлены кольцеобразными рудными залежами, до 195—240 м в поперечнике (см. здесь и ниже: Карст и его народнохозяйственное значение, 1964). В окрестностях города Джоплин (штат Миссури) цинковые руды залегают в карстовых пустотах каменноугольного известняка. Карстовые месторождения бокситов Ямайки служат основной сырьевой базой алюминиевой промышленности США и Канады. Есть они также и на Гаити. Карстовые фосфориты распространены в Теннесси, Флориде (около 30% мировой добычи фосфора), на Малых и Больших Антильских островах (Максимович, 1976б). Многие крупные месторождения нефти и газа в США, отчасти Канаде, Мексике, Венесуэле и Колумбии, связаны с карбонатными карстовыми коллекторами (Максимович, Енцов, 1966). Такие место-

рождения весьма многочисленны в Северной Америке, особенно в США и Мексике, и отличаются громадными ресурсами нефти и газа (там же). Причем связь крупных нефтяных залежей с подземными карстовыми формами в ряде случаев была наглядно подтверждена. Например, при фонтанировании нефти одной из скважин на месторождении Хоббз (США) из древней пещерной полости был выброшен сталактит (там же; У. П. Рассел), а в силурийских известняках месторождения Доллархайд (США, западный Техас) буровые скважины вошли в заполненную нефтью полость более 2,6 кв. км площадью и до 5 м высотой (А. И. Леворсен). По связи с карбонатными карстовыми коллекторами интересны и мексиканские месторождения в районе Тампико.

В Мамонтовой и других пещерах штата Кентукки добывалась селитра. Во многих пещерах как удобрение добывается гуано летучих мышей, например в пещерах Фрио (Техас) и Гуано в западной части Большого Каньона в Аризоне (Холидей, 1963).

Важное значение имеет карст для водоснабжения. В качестве одного из примеров, дополнительно к приведенным в тексте регионального обзора, укажем, что карстовые воды Кубы служат основным источником водоснабжения населения, сельского хозяйства и промышленности Кубы (Состояние и задачи..., 1975: С. В. Егоров). Столица Кубы Гавана снабжается карстовыми водами. Водопровод г. Карденас питают водой две затопленные карстовые пещеры (Нуньес Хименес, 1969). Куба — прекрасный пример того, как можно осуществить мелиорацию закарстованных территорий, чтобы повысить их плодородие при земледельческом и пастбищном использовании. Имеется в виду выравнивание карстового рельефа южной известняковой низменности Кубы (район голого карста к югу от Сан-Николаса) и создание на ней искусственного седиментационного покрова за счет торфяной массы из болот (Přibyl, 1973б). Большой доход, особенно в США, приносит туристическое использование пещер.

К наиболее посещаемым туристическим пещерам мира в Америке, по Г.А.Максимовичу, относятся пещеры США — Мамонтова (с количеством посетителей более 500 тыс. человек в год), Карлсбадская (около 400 тыс.), Лурейская (около 250 тыс.). Пещерный туризм развит также на Кубе, Ямайке и в Пуэрто-Рико. На Кубе особенно популярна пещера Бельямар, но оборудованы также пещеры Индью и др. (Гвоздецкий,

1976). На Ямайке известны три туристические пещеры и две полутуристические (Int. Spel.— 73, VII: R. M. Frank). В Пуэрто-Рико оборудованы две небольшие пещеры, привлекающие сравнительно мало посетителей, но перспективна для туристического использования большая пещера Рио-Камуи (там же: R. H. Gurnee). Многие из пещер Южной Америки, о которых упоминалось выше, посещаются туристами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из глобального обзора распространения и особенностей карста можно сделать следующие выводы.

1. Карст чрезвычайно широко распространен на поверхности Земли и в приповерхностной зоне земной коры. Чтобы нагляднее проиллюстрировать это заключение, нами составлена обобщенная мелкомасштабная картосхема (см. форзац).

2. Наблюдается исключительно большая специфичность и универсальность карстовых форм и гидрологических явлений. При характеристике карстовых областей всех материков и стран давался более или менее полный перечень преимущественно одних и тех же карстовых форм: карры, воронки разных генетических групп, котловины, поля, слепые долины, суходолы, поноры, колодцы, шахты, пропасти, пещеры, а из гидрологических явлений — исчезающие водотоки, подземные реки, воклюзские источники и т. д. И это всюду или почти всюду. В свое время Э. А. Мартель обратил внимание на универсальность естественных колодцев и пропастей. Нам кажется, что этот вопрос должен быть поставлен шире — нужно говорить об универсальности всех типов карстовых форм и явлений. В большинстве случаев на поверхности Земли преобладает ванновый рельеф, если не считать останцового тропического карста (который сам по себе довольно универсален), но и в тропиках на равнинах ванновый рельеф распространен достаточно широко, да к тому же он часто сочетается с останцовым ("лабиринтовый карст" на Новой Гвинее, останцовый карст области Кокпит на Ямайке, в Пуэрто-Рико, некоторых районах Кубы и т. д.). Карры встречаются не во всех типах карста, но как только карстующаяся порода обнажается на поверхности, они появляются. В различных геолого-геоморфологических и физико-географических условиях карстовые формы представлены неодинаковыми разновидностями, но основные типы форм и гидрологических явлений налицо всюду. Универ-

сальность карстовых форм и гидрологических явлений, наглядно выступающая в проведенном обзоре, — следствие ведущего процесса в образовании карста: процесса выщелачивания растворимых горных пород. И можно еще раз подчеркнуть приоритет *геологической* основы в развитии карста, карстового рельефа и карстового ландшафта, о котором говорилось в наших прежних работах, в частности при освещении вопросов карстологического районирования.

3. Наряду с приоритетом геологической основы многостороннее влияние на развитие карста оказывает и *физико-географическая* обстановка. С нею в первую очередь связаны *широтная* и *высотная зональность* карстовых явлений. В книге показаны особенности карста северных территорий с вечной мерзлотой (Сибирь, Шпицберген, Канада), умеренных широт Старого и Нового Света, средиземноморского карста Южной Европы, тропического карста Юго-Восточной Азии, Центральной Америки и других областей. Высотная зональность карста хорошо прослеживается на Кавказе, в горах Средней Азии и Южной Сибири, в Альпах и в других горах Зарубежной Европы и, кроме того, в США, а в тропическом поясе — в горах Стар на Новой Гвинее.

4. Карстовый рельеф, карстовые ландшафты и происходящие в них процессы настолько специфичны, что ни одно серьезное хозяйственное мероприятие на закарстованной территории не может быть выполнено без их учета и часто без специального изучения.

Разностороннее народнохозяйственное значение карста автор стремился по возможности полнее показать в прежней своей монографии (1972), но отчасти и в этой книге. Поскольку карст, как мы видели, исключительно широко распространен, важно, чтобы геологи и географы усилили внимание к геологическому, гидрогеологическому и инженерно-геологическому, а также геоморфо-

логическому и ландшафтно-географическому изучению карста.

5. Карст оказывает глубокое влияние на ландшафт как физико-географический комплекс. Он влияет на сток, карстовые формы рельефа — на микроклимат и распределение почвенно-растительного покрова, карстующиеся породы, их состав — на почвы и растительность, химический состав карстовых вод, на ландшафт в целом и т. д. Дренирующая способность карста усиливает недостаток влаги в засушливых областях и, наоборот, создает более благоприятные условия для развития ландшафтов в областях, избыточно увлажненных. Карст ведет к деградации вечной мерзлоты, также заметно улучшая природные особенности территории (см. гл. 3).

6. О степени влияния карста на географический ландшафт можно су-

дить исходя из морфолого-генетического типа карста. Поэтому при разработке классификации географических ландшафтов различные типы карста учитываются на разных ступенях таксономической лестницы. Гольный, полузадернованный карст, останцовый карст и некоторые другие типы тропического карста относятся к самостоятельным типам и подтипам *карстовых географических ландшафтов* (Вопросы общего и регионального карстоведения, 1977, статья 1).

Изучение географических ландшафтов закарстованных территорий — важный раздел ландшафтоведения, которому физико-географы должны уделять значительно большее внимание, чем это делается в настоящее время. Данный вывод, опираясь на предыдущий, также вытекает из первого заключения о широчайшем распространении карста на Земле.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение № 1

СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ ДЕНУДАЦИИ В ОБЛАСТЯХ КАРБОНАТНОГО КАРСТА ЕВРОПЫ, АЗИИ И НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ

(по М.Пулине (1974), с дополнениями по материалу, приведенному в тексте настоящей книги (отмечено звездочкой))¹

№ п/п	Название страны или области и района	Скорость химической денудации, мм/1000 лет	№ п/п	Название страны или области и района	Скорость химической денудации, мм/1000 лет
Русская равнина и Урал			Приангарье		
1.	Ижорская возвышенность	26,4*	20.	Долина Бол. Белой	5,8
2.	Валдайская возвышенность	8 — 18*	21.	Долина Унги	1,1
3.	Пермская обл.	43,2*	22.	Долина Осы	4,6
Карпаты			Шпицберген		
4.	Северная зона утесов	21,8*	23.	Западный Шпицберген	11*
Крым			24.	Южный Шпицберген	3 — 20*
5.	Горный Крым	21,8*	Скандинавия		
Кавказ			25.	Приатлантические области	250*
Северный склон Б. Кавказа			26.	Северная Швеция	40*
6.	Передовой хр.	220,6*	27.	Северная Швеция	28*
7.	Скалистый хр.	99,7*	28.	О. Готланд	40*
8.	Пастбищный хр. ("верхнемеловая куэста")	50,2*	Великобритания и Ирландия		
9.	Бас. р. Аксай на Андийском хр.	199,5*	29.	Горы Шотландии, запад	150*
10.	Юго-вост. Дагестан	13*	30.	Сев.-зап. Йоркшир	41*
Южный склон Б. Кавказа			31.	Южная половина Пеннинских гор	80 — 85*
11.	Массив Арабика (высокогорная зона)	153,0 — 354,6*	32.	Мендип-Хилс	30 — 40*
12.	Массив Арабика (высокогорная зона)	113,9/137,7	33.	Зап. Ирландия	100 — 120*
13.	Гагрский хр. (Причерноморская зона)	55,8/74,7	34.	Центр. Ирландия	30 — 40*
14.	Хр. Алек	139,2	Судеты		
Восточный Саян			35.	Массив Снежник	33,0/33,9
15.	Солгонский кряж	36*	36.	Горы Кровярки	26,4/27,0
16.	Тункинские гольцы	32,3*	37.	Горы Качавске	20,5
17.	То же, Кынгарға	13	Силезская возвышенность		
Забайкалье			38.	Триас Стржельц Опольских	26,2/33,3
18.	В среднем	19*	39.	Триасовый порог — Пшечице	26,3
19.	Хамар-Дабан, Слюдянка	22	Краковско-Ченстоховская возвышенность		
			40.	Верчица-Юлианка	17,2
			41.	Верчица-Янув	24,4
			Веркор		
			42.	Лионн — Сен-Жан в Руайане	48,8/58,5

¹ Там, где по материалам М. Пулины приведены две цифры, разделенные косой чертой, первая показывает денудацию карбонатных пород, вторая — полную величину химической денудации.

№ п/п	Название страны или области и района	Скорость химиче- ской денудации, мм/1000 лет	№ п/п	Название страны или области и района	Скорость химиче- ской денудации, мм/1000 лет
43.	Бурн — Пон де Манн	67,5/88,6	Югославия, Черногория		
44.	Бурн — Вернезон	73,0/95,8	60.	Бас. р. Морачи	129,3*
45.	Шолле — Сен-Лоран	63,1/82,8	61.	Бас. р. Пивы	87*
46.	Фурон-Энгин	53,5/64,2	Болгария, Пирин		
47.	Плато Пресль	97,7/102,5	62.	Массив Вихрен	47,0/51,8
Юлийские Альпы			Болгария, Стара Планина		
48.	Массив Триглав	51,0	63.	Врачанска Планина	38,4/45,0
49.	Быстрица — Мойстрана	67,0	Япония		
50.	Сава Бохинка — водопад	63,0	64.	Средняя для Японии	30 — 50*
Западные Татры			Индонезия		
51.	Долина Косьцелиска — Киры	48,9/53,6	65.	Средняя по Индонезии	85*
52.	Водосбор Ледове Жрудло	46,6/48,9	66.	Центральная Суматра	63*
Добруджа			67.	Западная Ява	99*
53.	Побережье Черного моря	23,0/30,5	68.	Центральная Ява	86*
Югославия, Словения			69.	Юго-Западный Сулавеси	83*
54.	Плато Крас	64*	Австралия		
55.	Плато Крас	48*	70.	Равнина Налларбор	1*
56.	Постояна	109*	Большие Антильские острова		
57.	Нотраньский Крас — Любляница	90,4	71.	Ямайка. Драмили-Клиэ Стрим	96*
58.	Массив Яворник	88,7	72.	Ямайка. Сприн Вейл-Саус- Райзин	86*
59.	Церкнищица — Стржень	104,8			

Приложение № 2

ТАБЛИЦЫ ГЛУБОЧАЙШИХ КАРСТОВЫХ ПРОПАСТЕЙ И КРУПНЕЙШИХ ПЕЩЕР¹

1. Глубочайшие карстовые пропасти и пещеры мира (глубиной более 750 м)

№ п/п	Название	Глубина в м	Место нахождения
1.	Жан-Бернар	1410	Франция. Савойские Альпы
2.	Пьер-Сен-Мартен	1350	Франция — Испания. Пиренеи. Страна Басков
3.	Снежная	1320	СССР. Кавказ. Бзыбский хр.
4.	Л'Авенс В. 15	1150	Испания. Уэска. Массив де-Эксэн
5.	Берже	1148	Франция. Предальпы. Веркор
6.	Шнеелох	1111	Австрия. Альпы
		(—981, +130)	
7.	Г. Е. С. М., или Ойос дель Пилар	1070	Испания. Малага

¹ Размеры самых глубоких (свыше 1000 м) и самых длинных (более 54 км) зарубежных пропастей и пещер проверены по новейшей сводке : Р. Courbon. Atlas des grands gouffres du monde. Marseille, 1979.

№ п/п	Название	Глубина в м	Место нахождения
8.	Лампрехтзофен	1024 (−10, +1014)	Австрия. Альпы, Леогангер Штейнберген. Зальцбург
9.	Хохлекенхёле — Гроссхёле	1022 (−920, +102)	Австрия. Верхняя Австрия, Альпы, Хёленгебирге
10.	Тромба система	1018	Франция. Пиренеи. Верхняя Гаронна
11.	Эгюий	980	Франция. Высокие Альпы. Деволюи
12.	Гарма Сиега — Сеягуа	970	Испания. Кантабрийские горы. Сантандер
13.	Киевская	950	СССР. Средняя Азия. Зерав- шанский хр., плато Кырктау
14.	Монте-Чукко	922	Италия. Центральные Апеннины. Перуджа
15.	Микеле-Гортани	920	Италия. Юлийские Альпы
16.	Камбу де Льяр	908	Франция. Пиренеи
17.	Туя де Лье	905	Франция. Пиренеи
18.	Пляттенэкайсхёле — Бергхёле	879	Австрия. Альпы, Тенненгебирге. Зальцбург
19.	Прета	878	Италия. Альпы. Верона
20.	Груберхорнхёле	854 (−784, +70)	Австрия. Альпы, массив Хоер- Гёлл. Зальцбург
21.	Хёллох	828	Швейцария. Альпы, долина Муота
22.	Снежна	783	Польша. Западные Татры
23.	Дед	780	Франция. Изер
24.	Эмилио-Комичи	774	Италия. Юлийские Альпы
25.	Брежно при Гамсови главицы	760	Югославия. Юлийские Альпы
26.	Куэто	755	Испания. Кантабрийские горы. Сантандер.
27.	Гар-Паро	751	Иран. Загрос

2. Глубочайшие карстовые пропасти СССР
(глубиной не менее 500 м)

№ п/п	Название	Глубина в м	Место нахождения
1.	Снежная	1320	Кавказ. Бзыбский хребет
2.	Киевская	950	Средняя Азия. Зеравшанский хребет, плато Кырктау
3.	Солдатская	500	Горный Крым. Карабияйла
4.	Назаровская-Осенняя	500	Кавказ. Хребет Алек

3. Длиннейшие карстовые пещеры мира
(суммарной длиной более 40 км)

№ п/п	Название	Суммарная длина (в км)	Место нахождения
1.	Флинт — Мамонтова	341,1	США. Кентукки
2.	Оптимистическая	142,5	СССР. Подолия
3.	Хёллох	135,0	Швейцария. Альпы
4.	Озерная	104,5	СССР. Подолия
5.	Джевел	96,0	США. Южная Дакота
6.	Охо Гуаренья (Паломера — Доленсиас)	61,0	Испания. Бургос
7.	Тромба система	54,0	Франция. Пиренеи
8.	Гринбрайер (Орган)	51,5	США. Западная Виргиния
9.	Уинд	46,2	США. Южная Дакота
10.	Айсризенвельт	42,0	Австрия. Альпы
11.	Золушка	40,0	СССР. Буковина

4. Длиннейшие карстовые пещеры СССР
(суммарной длиной более 10 км)

№ п/п	Название	Суммарная длина (в км)	Место нахождения
1.	Оптимистическая	142,5	Подолія
2.	Озерная	104,5	Подолія
3.	Золушка	40	Буковина
4.	Кристалльная (Кривченская)	22	Подолія
5.	Млынкі	15,1	Подолія
6.	Красная	13,1	Горный Крым. Долгоруковский массив
7.	Воронцовская	11,7	Кавказ
8.	Большая Орешная	более 11	Восточный Саян

Литература¹

Агошков А.К. "Каменный лес". Карст Юньнаньского нагорья Китая.—Природа, 1961, № 9.

Алексеев В.Р., Беляк В.И. Пещерные льды южной Сибири.—Вестн. МУ. Геогр., 1970, № 1.

Бадер О.Н. Каповая пещера. Палеолитическая живопись. М., 1965.

Балков В.А. Влияние карста на сток рек европейской территории СССР. Л., 1970.

Барков А.С. О микроформах карста.—Уч. зап. Геогр. фак. Моск. Гос. пед. ин-та, 1938, вып. 1.

Барович В.В. Карст Черногории. М., 1976.

Беляк В.И. Подземный карст приенисейской части Восточного Саяна.—Региональная геоморфология Сибири и Дальнего Востока. Л., 1969.

Блашак М. Карст Краковско-Ченстоховской Юры в Польше.—Гидрогеология и карстование, вып. 2. Пермь, 1964.

Большаков П.М. Замечания по докладу Б.А.Федоровича "Особенности миграции растворов и образования кор и карста в пустынях".—В кн.: Общ. вопр. карстования. М., 1962.

Бяков Ю.Я. Карстовая пещера княжества Монако.—Пещеры, вып. 4 (5). Пермь, 1964.

Васильев Б.В. Карст на территории Татарской республики и его значение в сельском хозяйстве и промышленности.—Гидрогеология и карстование, вып. 3. Пермь, 1966.

Владимиров Л.А. Питание рек и внутригодовое распределение речного стока на территории Грузии. Тбилиси, 1964.

Вологодский Г.П. Карст.—В кн.: Инженерная геол. Прибайкалья. М., 1968.

Вопросы изучения карста Русской равнины. М., 1966.

Вопросы карста на юге Европейской части СССР. Ялта, 1956.

Вопросы общего и регионального карстования. М., 1977.

Вуйцик З. Спелеологические районы Польши.—Пещеры, вып. 4 (5). Пермь, 1964.

Гаврилович Д. Интермитентни извори у Југославији.—Гласн. Српск. геогр. друштва, св. 47, 1967, бр. 1.

Гаврилович Д. Пећине планине Тибести.—Гласн. Српск. геогр. друштва, св. 49, 1969, бр. 1.

Гаврилович Д. Реликти купастог краса у Карпатско-Балканским планинама Југославије.—Зб. радова Геогр. ин-та "Јован Цвијић", кн. 23. Београд, 1970.

Газизов М.С. Карст и его влияние на горные работы. М., 1971.

Гаустов И. Боргустанские провалы.—Природа, 1969, № 4.

Гвоздецкий Н.А. Карст. М., 1950.

Гвоздецкий Н.А. Опыт районирования карста Большого Кавказа.—Геогр. сб. ГО СССР, № 1. М.—Л., 1952.

Гвоздецкий Н.А. Карстовые явления в окрестностях озера Баскунчак.—В кн.: Памяти проф. А.Н.Мазаровича. М., 1953.

Гвоздецкий Н.А. Карст. Изд. 2-е. М., 1954.

Гвоздецкий Н.А. Карст Приангарья и его влияние на природные комплексы.—Уч. зап. МУ. Геогр., 1954а, вып. 170.

Гвоздецкий Н.А. О распространении карстовых явлений в пустынях и горах Средней Азии.—Вопр. географии, сб. 40. М., 1957.

Гвоздецкий Н.А. Карстовые явления в Центральном и Внутреннем Тянь-Шане.—Вестн. МУ. Биология, почвоведение, геология, география, 1959, № 1.

¹ Принятые сокращения: ВГО — Всесоюзное географическое общество, ГО — Географическое общество, МОИП — Московское общество испытателей природы, МУ — Московский университет, ВСЕГИНГЕО — Всесоюзный научно-исследовательский ин-т гидрогеологии и инженерной геологии.

- Гвоздецкий Н.А. К вопросу о распространении и особенностях карста в горах Средней Азии.—*Землеведение*, т. 5 (45). М., 1960а.
- Гвоздецкий Н.А. Плато Кырктау — классический пример карстового района.— *"Узб. геол. журн."*, 1960б, № 5.
- Гвоздецкий Н.А. Некоторые наблюдения над карстом Готланда.—*Вестн. МУ. География*, 1961, № 1.
- Гвоздецкий Н.А. Карст Кавказа в сопоставлении с карстом других горных областей СССР.—*Сообщения АН ГССР*, 1965, т. 39, № 1.
- Гвоздецкий Н.А. Карст междуречья Малки и Гунделена (Северный Кавказ).—*Землеведение*, т. 7 (47). М., 1967а.
- Гвоздецкий Н.А. Распространение карстовых явлений на земном шаре и вопросы их типологии.—*Землеведение*, т. 7 (47). М., 1967б.
- Гвоздецкий Н.А. Распространение и особенности карстовых явлений на земном шаре.—В кн.: *Пробл. планетарной географии*. М., 1969.
- Гвоздецкий Н.А. По Зарубежной Европе. М., 1970.
- Гвоздецкий Н.А. Новые данные о гипсовом карсте у подножий восточных оконечностей Алайского и Заалайского хребтов.—*Землеведение*, т. 9 (49). М., 1971.
- Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика. М., 1972.
- Гвоздецкий Н.А. О новом типе карров, встреченном в Горном Алтае.—*Вестн. МУ. География*, 1975, № 5.
- Гвоздецкий Н.А. В пещерах Кубы.—*Пещеры*, вып. 16. Пермь, 1976.
- Гвоздецкий Н.А. Наблюдения в карстовых районах Болгарии.—В кн.: *Рельеф и ландшафты*. М., 1977.
- Гвоздецкий Н.А., Маринин А.М. Карст Алтая.—*Землеведение*, т. 11 (51). М., 1976.
- Гвоздецкий Н.А., Матео Х. Эрозия и карст в карбонатных породах тропиков.—*Вестн. МУ. География*, 1973, № 3.
- Гвоздецкий Н.А., Спиридонов А.И. Карст Муромско-Павловского правобережья реки Оки.—*Землеведение*, т. 9 (49). М., 1971.
- Геллерт И.Ф. Тропический башенный и конический карст.—*Вестн. МУ. География*, 1966, № 5.
- Геология и плотины, т. II. М.—Л., 1962.
- Гигинейшвили Г.Н. Карстовые воды Большого Кавказа и основные проблемы гидрологии карста. Тбилиси, 1979.
- Головцын В.Н., Смольников Б.М. и др. Применение геоэлектрических исследований к решению основных проблем карста Горного Крыма. Киев, 1966.
- Горбунова К.А. Особенности гипсового карста. Пермь, 1965.
- Горбунова К.А. Энергетическое использование карстовых вод в Югославии.—*Пещеры*, вып. 7 (8). Пермь, 1969.
- Горбунова К.А. Спелеологические районы Словении (Югославия).—*Пещеры*, вып. 8—9. Пермь, 1970.
- Горбунова К.А. Карст гипса СССР. Пермь, 1977.
- Горбунова К.А. Морфология и гидрогеология гипсового карста. Пермь, 1979.
- Горбунова К.А., Максимович Е.Г. Пещеры Гватемалы.—*Пещеры*, вып. 12—13. Пермь, 1972.
- Демин Л.В., Бородин В.Г., Попова Г.В. Пещера Спасская.—*Пещеры*, вып. 16. Пермь, 1976.
- Дзенс-Литовский А.И. Соляной карст СССР. Л., 1966.
- Дроппа А. Ледяные пещеры Чехословакии.—*Пещеры*, вып. 4 (5). Пермь, 1964.
- Дублянский В.Н. О характере и интенсивности химической денудации в Горном Крыму.—*Гидрогеология и карстование*, вып. 4. Пермь, 1971.
- Дублянский В.Н. Карстовые пещеры и шахты Горного Крыма. Л., 1977а.
- Дублянский В.Н. Пещеры Крыма. Симферополь, 1977б.
- Дублянский В.Н., Смольников Б.М. Карстолого-геофизические исследования карстовых полостей Приднестровской Подолии и Покутья. Киев, 1969.
- Дублянський В.М., Щутов Ю.І. Походження та гідрогеологічні особливості глибинних карстових порожнин Українських Карпат.—В кн.: *Природні умови та природні ресурси Українських Карпат*. Київ, 1968.
- Дядюченко Л. В пещерах Киргизии. Фрунзе, 1970.
- Егоров С.В. К характеристике карста Кубы.—*Гидрогеология и карстование*, вып. 4. Пермь, 1971.
- Занин Ю.Н., Ощепков Ю.С. Текстуры карстовых фосфоритов Алтае-Саянской области.—*Бюл. МОИП. Отд. геологич.*, 1967, т. 42, вып. 6.
- Зайцев И.К. Вопросы изучения карста СССР. Л.—М., 1940.
- Зубашенко М.А. Карст Северного Вьетнама.—*Изв. Воронеж. отдела ГО СССР*, 1961, № 3.
- Зубашенко М.А. Вопросы развития карста Северного Вьетнама.—*Гидрогеология и карстование*, вып. 2. Пермь, 1964.
- Зубашенко М.А. Опыт геоморфологического районирования территории Северного Вьетнама.—*Вопр. физ. географии зарубеж. стран*. Воронеж, 1967 (*Изв. Воронеж. гос. пед. ин-та*, т. 56).

Иванов Б.Н. Современные методы комплексного изучения карста при проектировании и строительстве мелиоративных и гидротехнических систем (на примере Югославии). М., 1969.

Игнатъев Г.М. Фосфоритовый остров Науру.— Природа, 1972, № 5.

Изучение пещер Колхиды. Цуцхватская многоярусная карстовая пещерная система. Тбилиси, 1978.

Ильин А.Н., Безвесильный Е.В., Чхеидзе В.З. Методы изучения и использования карста в Чехословакии.— Гидрогеология и карстоведение, вып. 4. Пермь, 1971.

Ильин А.Н., Капустин А.П. и др. Карстовые явления в районе г. Дзержинска Горьковской области.— Тр. Лаб. гидрогеол. пробл. АН СССР, 1960, т. 32.

Каплин П.А., Леонтьев О.К., Орлов А.И. Береговые формы острова Эфате.— В кн.: Островные шельфы тропической зоны океана. М., 1975.

Карст Башкирии. Уфа, 1971.

Карст в карбонатных породах. М., 1972 (Тр. МОИП, т. 47).

Карст и его народнохозяйственное значение. М., 1964 (Тр. МОИП, т. 12).

Карст и пещеры Грузии. Спелеологи Грузии к IV Международному спелеологическому конгрессу в Югославии. Тбилиси, 1965.

Карст Казахстана. М., 1967 (Тр. ВСЕГИНГЕО. Нов. сер., № 19).

Карст равнинных территорий Европейской части СССР. Казань, 1974.

Карст Узбекистана. VII. Ташкент, 1970.

Карст України.— Зб. Фізична географія та геоморфологія, 4. Київ, 1970.

Карст Урала и Приуралья. Пермь, 1968.

Карстоведение, вып. 1, 4. Пермь, 1948.

Карстовые коллекторы нефти и газа. Пермь, 1973.

Кастере Н. Десять лет под землей. М., 1956.

Кастере Н. Зов бездны. М., 1964а.

Кастере Н. Тридцать лет под землей. М., 1964б.

Кастере Н. Моя жизнь под землей. М., 1974.

Качурин С.П. Карстовый и термокарстовый процессы в области распространения многолетнемерзлых пород.— В кн.: Общ. вопр. карстоведения. М., 1962.

Кикнадзе Т.З. Карст массива Арабика. Тбилиси, 1972.

Кипиани Ш.Я. Карст Грузии (опыт геоморфологической характеристики). 1. Распространение, изученность и очередные задачи. Тбилиси, 1974 (на груз. яз. с рус. и фр. резюме).

Клейнер Ю.М. О карсте Монголии.— Изв. ВГО, 1976, т. 108, вып. 6.

Козлов В.В., Сулиди-Кондратьев Е.Д. Карстовые явления в восточном

Средиземноморье.— Природа, 1963, № 9.

Колодяжная А.А. Карст флишевой формации юго-западного склона Кавказа. М., 1965.

Колодяжная А.А. Агрессивность природных вод в карстовых районах Европейской части СССР. М., 1970.

Комплексные изыскания при строительстве гидротоннеля в карстовой области Горного Крыма. Симферополь, 1971.

Короткевич Г.В. Соляной карст. Л., 1970.

Котарба А. Вертикальные зоны поверхностных карстовых процессов в Западных Татрах.— Проблемы на палеогеоморфологического развитие на България, т. 1. София, 1970.

Кригер Н.И. Карстовые явления в Чехословакии.— Изв. ВГО, 1953, т. 85, вып. 2.

Кротова Е.А. Некоторые пещеры Южного Иллинойса.— Пещеры, вып. 10—11. Пермь, 1971.

Крубер А.А. Карстовая область Горного Крыма. М., 1915.

Куделин Б.И., Карпова В.П. Влияние карста на закономерности формирования подземного стока.— Вестн. МУ. Геология, 1968, № 2.

Кудряшов И.К. Путеводитель по Каповой пещере. Уфа, 1969.

Кузнецов Ю.Я. Карст Устюрта.— Землеведение, т. 6 (46). М., 1963.

Кучиньский М. Сельва. М., 1977.

Лебедев В.Г. Основные проблемы геоморфологии Восточного Китая. Саратов, 1968.

Лекух З.В. Мраморный оникс.— В кн.: Драгоцен. и цв. камни как полез. ископаемые. М., 1973.

Ломоносов М. "О слоях земных" и другие работы по геологии. М.—Л., 1949.

Лукин В.С., Ежов Ю.А. Карст и строительство в районе Кунгура. Пермь, 1975.

Лундквист Э. Дикари живут на Западе. М., 1958.

Лыкошин А.Г. Карст и гидротехническое строительство. М., 1968.

Ляхницкий Ю.С., Котцов М.А. и др. Воронцовская система пещер.— Пещеры, вып. 16. Пермь, 1976.

Максимович Г.А. Опыт районирования карста Чехословакии.— Уч. зап. Перм. ун-та, 1959, т. 14, вып. 1.

Максимович Г.А. Карст Австралии.— Гидрогеология и карстоведение, вып. 1. Пермь, 1962а.

Максимович Г.А. Карст Балеар.— Там же, 1962б.

Максимович Г.А. Карст Южной Америки.— Там же, 1962в.

Максимович Г.А. Карст Японии.— Там же, 1962г.

Максимович Г.А. Карст Африки.— Гидрогеология и карстование, вып. 2. Пермь, 1964.

Максимович Г.А. Генетический ряд натечных отложений пещер (карбонатный спелеолитогенез).— Пещеры, вып. 5 (6). Пермь, 1965а.

Максимович Г.А. Энергетическое использование пещерных потоков.— Там же, 1965б.

Максимович Г.А. Количество пещер и площадь карстующихся пород некоторых стран и районов.— Пещеры, вып. 6 (7). Пермь, 1966.

Максимович Г.А. Основы карстования. Т. I и II. Пермь, 1963, 1969.

Максимович Г.А. Некоторые данные о пещерах и карсте Венесуэлы.— Пещеры, вып. 14—15. Пермь, 1974.

Максимович Г.А. О силикатном брадикарсте тропической зоны.— Гидрогеология и карстование, вып. 7. Пермь, 1975.

Максимович Г.А. Новые данные о пещерах Колумбии.— Пещеры, вып. 16. Пермь, 1976а.

Максимович Г.А. Пещеры и карст коралловых островов.— Там же, 1976б.

Максимович Г.А., Горбунова К.А. Карст Пермской области. Пермь, 1958.

Максимович Г.А., Енцов И.И. Нефтегазоносность карбонатных коллекторов.— Гидрогеология и карстование, вып. 3. Пермь, 1966.

Максимович Г.А., Костарев В.П. Карстовая область Кузнецкого Алатау.— Науч. тр. Перм. политехн. ин-та, 1964, сб. 12, вып. 2.

Максимович Г.А., Костарев В.П. Карст Алтая.— Гидрогеология и карстование, вып. 4. Пермь, 1971а.

Максимович Г.А., Костарев В.П. Практическое значение карста Сибири.— Там же, 1971б.

Максимович Г.А., Костарев В.П. Карстовые районы Урала и Приуралья.— Вопр. физ. географии Урала, вып. 1. Пермь, 1973 (Уч. зап. Перм. ун-та, № 308).

Максимович Г.А., Кротова Е.А. Активность карстовых процессов на Урале и в Предуралье.— Гидрогеология и карстование, вып. 6. Пермь, 1975.

Максимович Г.А., Тюрина И.М. Роль карста в формировании карбонатных коллекторов нефти и газа Ферганской межгорной впадины.— Гидрогеология и карстование, вып. 6. Пермь, 1975.

Максимович Г.А., Шестов И.Н., Шурубор А.В. Минеральные трещинно-карстовые воды платформы.— Вопр. карстования. Пермь, 1969.

Максимович Е.Г. Пещеры Ямайки.— Пещеры, вып. 10—11. Пермь, 1971.

Маринин А.М. Каталог карстовых пещер Алтая.— Материалы по географии Алт. края. Барнаул, 1975.

Маруашвили Л.И. Стадии малого спелеоморфогенетического цикла.— Сообщения АН Груз. ССР, 1970, т. 59, № 3.

Материалы по карсту Узбекистана.— Тр. Самарканд. ун-та. Нов. сер. 1963, вып. 134.

Милојевић С.М. Појави и проблеми крша. Београд, 1938.

Михайлов В.А. Пещеры Венгрии.— Пещеры, вып. 7 (8). Пермь, 1969.

Молчанов Ю.А. Дюктайская пещера—новый палеолитический памятник Северо-Восточной Азии.— В кн.: По следам древних культур Якутии. Якутск, 1970 (Тр. Прилен. археол. экспедиции).

Моташ К., Пушкариу В., Бляху М. Карстовые области Румынии.— Пещеры, вып. 4 (5). Пермь, 1964.

Мурадов Н.Г. Материалы к геоморфологии глинистого карста Западной Туркмении. Уч. зап. Туркмен. ун-та, 1964, вып. 33.

Мурзаев Э. Путешествие в жаркую зиму. М., 1967.

Нарчемашвили О.В., Соколов А.С. Пещерные фосфориты острова Ява.— Природа, 1963, № 2.

Национальный атлас Кубы, 30—31, Карст. Гавана, 1970.

Небель Ю., Шурубор А. Пещеры Гарца.— Пещеры, вып. 12—13. Пермь, 1972.

Нико Ж. Крашка поля Провансе. Упоробенье с Динарским полъима. Зборн. радова Географског инст.— "Јован Цвијћ, кн. 23. Београд, 1970.

Николаев Н.И. Данные по исследованию венгерских пещер.— Землеведение, т. 3 (43). М., 1950.

Нуньес Хименес А. География Кубы. М., 1969.

Овчинников А.М. Гидрогеология месторождений минеральных вод карстовых районов.— Тез. докл. на Науч. совещ. по изуч. карста, вып. 6. М., 1956.

Окладников А.П. Исследование палеолитической пещеры Тешик-Таш.— Тр. Узб. фил. АН СССР. Сер. 1, 1940, вып. 1.

Окладников А.П., Рацек В.И. Следы древней культуры в пещерах Тянь-Шаня.— Изв. ВГО, 1954, т. 86, вып. 4.

Олли Е.И. Карст хребта Большой Каратау.— Бюл. МОИП. Отд. геологич., 1958, т. 33 (3).

Олли Е.И. Карст междуречья Мзымта—Сочи.— Бюл. МОИП. Отд. геологич., 1972, т. 47 (2).

Пармузин Ю.П. Вопросы карстования Сибири.— Изв. ВГО, 1954, т. 86, вып. 1.

Пармузин Ю.П. Особенности карстового процесса в условиях многолетней мерзлоты грунтов.— В кн.: Общ. вопр. карстования. М., 1962.

Парфеньюк С.Ф. Карстовые явления в Донецкой области и их народнохозяйственное значение.—В кн.: Геогр. исслед. в Донбассе. Донецк, 1973.

Петровић Д. Слив Црног Тимока. Београд, 1970.

Петровић Ј. Пећине и јаме у Црној Гори и њихов значај. Годишњак Географског друштва СР Црне Горе. Цетинье, 1964.

Петровић Ј. Крш Источне Србије. Београд, 1974.

Печеркин И.А. Карст соли на побережье Токтогульского водохранилища.—Гидрогеология и карстоведение, вып. 4. Пермь, 1971.

Пещеры Грузии. Спелеол. сб. 1—8. Тбилиси, 1963—1980.

Пещеры Пинега-Северодвинской карстовой области. Л., 1974.

Покорный Е. Останцы третичного карста в Польше.—Гидрогеология и карстоведение, вып. 2. Пермь, 1964.

Попов И.В. Инженерная геология СССР. Ч. II, III, IV. М., 1965, 1969, 1971.

Попов И.В., Чикишев А.Г. Основные закономерности распространения карста Урала.—Землеведение, т. 9 (49). М., 1971.

Пославская О.Ю. Особенности карстообразования в некоторых пустынных и полупустынных районах Средней Азии.—Тр. Среднеаз. гос. ун-та, вып. 50. Ташкент, 1954.

Проектирование, строительство и эксплуатация земляного полотна в карстовых районах. М., 1968 (Тр. совещ. в г. Горьком в октябре 1965 г.).

Региональное карстоведение. М., 1958.

Региональное карстоведение. М., 1961.

Родионов Н.В. Инженерно-геологические исследования в карстовых районах при устройстве малых водоемов, гражданском и промышленном строительстве. М., 1958.

Родионов Н.В. Карст Европейской части СССР, Урала и Кавказа. М., 1963.

Ротко М.А. Бахарденская пещера. Ашхабад, 1958.

Русанов Б.Д. О некоторых редких формах карста.—В кн.: Вопр. механики и термики водотоков, методики расчетов стока и другие вопр. гидрологии, гидрогеологии и гидрофизики (Тр. Ленингр. гидрометеорол. ин-та, вып. 13). Л., 1962.

Сабо П.З. Результаты изучения палеокарста в Венгрии.—Гидрогеология и карстоведение, вып. 3. Пермь, 1966.

Сифр М. Один в глубинах земли. М., 1966.

Сладкопевцев С.А. Древний карст западной части Казахского нагорья и его роль в образовании месторождений бокситов.—Вестн. МУ. География, 1964, № 3.

Советские исследования карста за 50 лет. М., 1967.

Соколов Д.С. Основные условия развития карста. М., 1962.

Соколов Н.И. Бархатовский карст.—Вопр. географии, сб. 40. М., 1957.

Состояние и задачи карстово-спелеологических исследований. М., 1975 (Тез. докл. на Всесоюзн. совещ. Ленинград, 12—14 февраля 1975 г.)

Спелеология и карстоведение. М., 1959.

Специальные вопросы карстоведения. М., 1962.

Ступишин А.В. Равнинный карст и закономерности его развития на примере Среднего Поволжья. Казань, 1967.

Тезисы докладов Пермской карстовой конференции. Пермь, 1947.

Тинтилов З.К. Анакопийская пропасть. Тбилиси, 1968.

Тинтилов З.К. Карстовые пещеры Грузии (морфологический анализ). Тбилиси, 1976.

Типы карста в СССР. М., 1965 (Тр. МОИП, т. 15).

Торсуев Н.П. Карст Онега-Северодвинского междуречья. Казань, 1964.

Торсуев Н.П. Заболоченность юга Беломорско-Кулойского плато, ее связь с литологией и карстом.—Геогр. сб., вып. 2. Казань, 1967.

Торсуев Н.П. Интенсивность карстовых процессов на Тиманском кряже.—Вестн. МУ. География, 1975, № 2.

Трантеев П.И. Глубочайшие карстовые полости Болгарии.—Пещеры, вып. 5 (6). Пермь, 1965а.

Трантеев П.И. Пещеры туристически объекты. София, 1965б.

Тюрина И.М., Булдаков Б.А. Пещеры Южного Уэльса.—Пещеры, вып. 10—11. Пермь, 1971.

Тюрина И.М., Булдаков Б.А. Пещеры Мендипа.—Пещеры, вып. 12—13. Пермь, 1972.

Тюрина И.М., Булдаков Б.А., Крутикова М.Н. Пещеры Северо-Западного Йоркшира.—Пещеры, вып. 8—9. Пермь, 1970.

Федорович Б.А. О роли карста в рельефе пустынь.—Тр. Ин-та географии АН СССР, вып. 43. М.—Л., 1949.

Федорович Б.А. Особенности миграции растворов и образования кор и карста в пустынях.—В кн.: Общ. вопр. карстоведения. М., 1962.

Ферсман А.Е. Геохимия пещер.—Природа, 1952, № 3.

(Хабера С.). Постойна. Београд, 1965.

Хабера С. Карстовые явления в Чехословакии.—Изв. ВГО, 1957, т. 89, вып. 4.

Хейнсалу Ю., Андра Х. Трешиноватость в районе сланцевых шахт Эстонии и геофизические методы ее исследования. Таллин, 1975.

Холидей У. Приключения под землей. М., 1963.

Хороших П.П. По пещерам Прибайкалья. Иркутск, 1955.

Хороших П.П. Пещеры реки Лены.— В кн.: По следам древних культур Якутии. Якутск, 1970 (Тр. Прилен. археол. экспедиции).

Цвијић Ј. Подземна хидрографија и морфолошка еволуција карста. Београд, 1957.

Цыкин Р.А. Карст магнетитов Енисейского края.— Гидрогеология и карстоведение, вып. 7. Пермь, 1975.

Цыкин Р.А., Бобрин В.Д. Лысанская пещера Восточно-Саянской карстовой области.— Пещеры, вып. 16. Пермь, 1976.

Цыкин Р.А., Цыкина Ж.Л. Карст восточной части Алтае-Саянской складчатой области. Новосибирск, 1978.

Цыкина Ж.Л., Цыкин Р.А. Баджейские конгломератовые пещеры.— Пещеры, вып. 10—11. Пермь, 1971.

Чермных В.А., Юшкин Н.П. Карстовые процессы и формы рельефа в Большеземельской тундре.— Изв. ВГО, 1967, т. 99, вып. 1.

Чикишев А.Г. Районирование подземных карстовых форм Урала.— Землеведение, т. 7 (47). М., 1967.

Чикишев А.Г. Карст Устюрта и Мангышлака.— Землеведение, т. 9 (49). М., 1971.

Чикишев А.Г. Методы изучения карста. М., 1973а.

Чикишев А.Г. Пещеры на территории СССР. М., 1973б.

Чикишев А.Г. О районировании карста Памиро-Алая.— Землеведение, т. 10 (50). М., 1974.

Чикишев А.Г. Карст Русской равнины. М., 1978.

Чолаков Н.Т. Пещерный жемчуг Болгарии.— Пещеры, вып. 4 (5). Пермь, 1964.

Шербан М., Фиман И., Коман Д. Пещеры Румынии. Бухарест, 1961.

Шурубор А.В. Пещера Марка Твена.— Пещеры, вып. 5 (6). Пермь, 1965.

Щербаков Д.И. Пещеры в горах Чиль-Устун и Чиль-Майрам около города Ош. Прил. к статье "К геохимии Алайского хребта".— Тр. Памир. экспедиции 1928 г., вып. 7. Л., 1931.

Щукин И. Очерки геоморфологии Кавказа. Ч. I. Большой Кавказ.— Тр. НИИ Географии, 1-го МГУ, вып. 2. М., 1926.

Щукин И.С. Опыт генетической классификации долин.— Пробл. физ. географии, IX, 1940.

Щукин И.С. Общая геоморфология. Т. II. М., 1964.

Якуч Л. В подземном царстве. М., 1963.

Якушова А.Ф. Карст палеозойских

карбонатных пород на Русской равнине.— Уч. зап. МГУ, Геология, т. 3, вып. 136, 1949.

Abee J.—P. A la découverte des mondes souterrains. (En remontant le torrent souterrain de la Cigalère).— Namur, 1958.

Absolon K. Moravský kras, 2. Praha, 1970.

Actes du IV^e Congrès International de Spéléologie en Yougoslavie, t. III. Ljubljana, 1968.

Actes du IV^e Congrès International de Spéléologie en Yougoslavie, t. 4—5. Ljubljana, 1969.

Aley T. Hydrology of a karst watershed in the Missouri Ozarks. "Caves and Karst", vol. 10, 1968, № 6.

Badini G. Le Grotte Bolognesi. Albese, 1967.

Balázs D. A Dél-kínai karsztvidék természeti földrajza. Magyar Tudom. Akad., Földrajz. kutat. Közlemények. 83. Földr. Közl. 4. Budapest, 1961.

Balázs D. Karst regions in Indonesia.— Karszt — és barlangkutatás, vol. V. Budapest, 1968.

Balázs D. Über die Untersuchung tropischer Karstwässer in der Indonesischen Inselwelt. Livre du centenaire. Émile G. Racovitza 1868—1968. Bucarest, 1970.

Balázs D. Intensity of the tropical karst development based on cases of Indonesia.— Karszt — és barlangkutatás, vol. VI. Budapest, 1971.

Balázs D. Japán karsztvidékei.— Karszt és barlang, 1973, I—II. Budapest.

Balázs D. Szemiaridus éghajlatú mészköfelszinek pusztulása a Nullarbor Plain példáján.— Földrajzi értesítő. Évf. 23, 1974, f. 4.

Batsche H., Bauer F. und and. Vergleichende Markierungsversuche im Mittelsteirischen Karst 1966.— Steirische Beitr. z. Hydrogeol. Jg. 1966/67. Graz, 1967.

Bauer F. Kalkabsätze unter Kalkalpengletschern und ihre Bedeutung für die Altersbestimmung heute gletscherfrei werdender Karrenformen.— Zeitschr. f. Gletscherkunde u. Glazialgeol., 1961, Bd. IV, H. 3.

Birot P., Corbel J., Muxart R. Morphologie des régions calcaires a la Jamaïque et a Puerto-Rico. Compte rendu de deux missions. subventionnées par le C.N.R.S. (1965—66 et 67).

Bleahu M. Formation périglaciaires et karst dans les monts du Bihor.— Revue Roumaine de géol., géophys. et géogr. Sér. de géogr., 1966, t. 10, № 1.

Bleahu M. D. Morfologia carstică. București, 1974.

Bleahu M., Rusu T. Carstul din România. Lucrările Institutului de Speologie. "Emil Racoviță", t. IV. București, 1965.

Bögli A.W. Lockende Höhlenwelt. Zürich, 1958.

Bögli A. Kalklösung und Karrenoidung. Int. Beitr. z. Karstmorphol. Zeitschr. Geomorph., 1960, Suppl. Bd. 2.

Bögli A. Un exemple de complexe glacio-karstique. Le Schichttreppen Karst. Revue Belge de Géogr., 88^e année, 1964, fasc. 1 – 2.

Bögli A. Le Hölloch et son karst. Neuchâtel (Suisse), 1970.

Bonet F. Cuevas de la Sierra Madre Oriental en la region de Xilitla. Mexico, 1953.

Bretz J.H. Caves of Missouri. Rolla, Missouri, 1956.

Bretz J.H., Harris S.E. Caves of Illinois. Urbana, Illinois, 1961.

Brown R.F., Lambert T.W. Reconnaissance of ground-water resources in the Missisipian Plateau region of Kentucky.—U. S. Geol. Surv. Water-Supply Paper 1603, 1963.

Casteret N. Au pays des eaux folles. Paris, 1958.

Chabert C., Courbon P. Les grande cavités mondiales.—Spelunca. Suppl. au N° 2, 1977.

Coleman I.C. The caves of Ireland. Tralle, 1965.

Conn H., Conn J. The Jewel cave adventure. Teaneck, New Jersey, 1977.

Corbel J. Les phénomènes karstiques en Suède.—Geografiska Annaler, 1952a, H. 3 – 4.

Corbel J. Une région karstique d'Irlande: Le Burren.—Revue de Géogr. de Lyon, 1952b, vol. 27, N° 1.

Corbel J. Les phénomènes karstiques dans les Grands Causses.—Revue de Géogr. de Lyon, 1954, vol. 29, N° 4.

Corbel J. Le karst du Vercors.—Revue de Géogr. de Lyon, 1956a, vol. 31, N° 3.

Corbel J. Le massif des Calanques et la formation de son relief.—Revue de Géogr. de Lyon, 1956b, vol. 31, N° 2.

Corbel J. Karsts Alpains de moyenne altitude. Interlaken, Beatenberg.—Revue de Géogr. de Lyon, 1957a, vol. 32, N° 1.

Corbel J. Karsts Hauts-Alpins.—Revue de Géogr. de Lyon, 1957b, vol. 32, N° 2.

Corbel J. Le Karsts du Nord-Ouest de l'Europe. Lyon, 1957c.

Corbel J. Karsts du Yucatan et de la Floride.—Bull. de l'Assoc. de Géogr. Franç. (extrait). 1958.

Corbel J. Érosion en terrain calcaire.—Annales de Géogr., 68 année, 1959a, N° 366.

Corbel J. Les grandes cavités de France et leurs relation avec les facteurs climatiques. "Annales de Spéléol.", 1959b, t. 14, fasc. 1 – 2 (Moulis, Ariège).

Corbel J. Karsts de Yougoslavie et notes sur les karsts tchèques et polonais.—Revue géogr. de l'est, 1965, t. V, N° 3.

Corbel J. Karsts océaniques Britanniques-1967.—Études et Travaux de "Méditerranée", N° 7. Revue géographique des pays Méditerranéens, 1969.

Corbel J. Le Spitsberg. Présentation géographique. Spitsberg. Mission française 1966.—Mémoires et documents, nouv. sér., Paris, vol. 10, 1970.

Corbel J. Les karsts des regions chaudes. Studia geomorph. Carpato-Balc., vol. V, Kraków, 1971.

Corbel J., Muxart R. Karsts des zones tropicales humides.—Zeitschr. f. Geomorph., Neue Folge, 1970, Bd. 14, H. 4.

Cvijić J. The evolution of lapies.—Geogr. Review. January 1924, New York.

Cvijić J. Types morphologiques des terrains calcaires. Le Holokarst.—Compt. rend. Acad. Sci, 1925, t. 180.

Cvijić J. La géographie des terrains calcaires. Beograd, 1960.

Davis W.M. Origin of limestone caverns.—Bull. of the Geol. Soc. of Amer., 1930, vol. 41.

Dropa A. Geomorfologické pomery Demänovskej doliny.—Slov. Kras, roč. 10, 1972a.

Dropa A. Príspevok k vývoju jaskyne Domica.—Českosl. Kras, roč. 22, 1970. Praha, 1972b.

Dropa A. Slatinský kras v Strážovskej hornatine.—Českosl. Kras, roč. 22, 1970. Praha, 1972b.

Dropa A. Slovenské jaskyne. Martin, 1973.

Dropa A. Vysokohorské krasové oblasti Švajčiarska.—Slov. Kras, roč. 13, 1975.

Dublianskij V.N. Kras sovietskych Karpát.—Slov. Kras, roč. 15, 1977.

Folsom F. Exploring American Caves. New York, 1962.

Gams I. K hidrologiji ozemlja med Postojnskim, Planinskim in Cerkniškim poljem.—Acta Carsologica, IV. Ljubljana, 1966.

Gams I. Kras. Ljubljana, 1974.

Gavrilović D. Ein Beitrag zur Kenntnis des Karstes in Serbien.—Naše jame, VII. Ljubljana, 1965.

Gavrilović D. Kegelkarst-Elemente im Relief des Gebirges Beljanica (Jugoslawien).—Probl. of the karst denudation, Brno, 1969.

Gavrilović D. Intermittierende Quellen in Jugoslawien.—Die Erde, 101 Jg., 1970, H. 4. Berlin.

Gavrilović D. Genetic types of caves in the Sahara.—Int. Spel. 1973, Abstr. of papers. Olomouc, 1973.

Gerstenhauer A. Der tropische Kegelkarst in Tabasco (Mexico).—Intern. Beitr. z. Karstmorphol. Zeitschr. Geomorph., 1960, Suppl. Bd. 2.

Gerstenhauer A. Blatt 3 (Nord-Puerto Rico) des Internationalen Karst-atlas. Beilage z.—Erdkunde, 1964, Bd. 18, H. 2.

Gèze B. Observations spéléologiques dans le Pacifique.—Spelunca Mémoires, 1963, N° 3.

Gèze B. La spéléologie scientifique. Paris, 1965.

Gèze B. Observations sur le réseau du Hölloch (Muotathal), canton de Schwyz, Suisse...—Annales de Spéléol., 1968, t. 23, fasc. 2.

Gilewska S. Fossil karst in Poland.—Erdkunde, 1964, Bd. 18, H. 2.

Gilewska S. The evolution of karst phenomena in the southern part of the Silesian Upland.—Probl. of the speleol. research. Prague, 1965.

Głazek J. On the karst phenomena in North Vietman.—Bull. de l'Acad. Polonaise d. Sc., sér. d. sc. géol. et géogr., 1966, vol. 14, N° 1.

Gospodarič R. Speleološki procesi v Postojnski jami iz mlajšega pleistocena.—Naše Jame, 10/1968. Ljubljana, 1969.

Gospodarič R. Speleološke raziskave Cerknjškega jamskega sistema.—Acta carsol., V/3. Ljubljana, 1970.

Gvozdeckij N.A. Types of karst in the U.S.S.R.—Probl. of the spel. research. Prague, 1965.

Habe F. Katastrofalne poplave pred našimi turističnimi jamami.—Naše Jame, VIII/1966, 1–2 (Ljubljana).

Habič P. Kraški svet med Idrico in Vipavo. Ljubljana, 1968.

Habič P. Hidrografska rajonizacija krasa v Sloveniji.—Krš Jugoslavije, knj. 6. Zagreb, 1969.

Habič P. Intermitentni kraški izvir Lintvern pri Vrhniku.—Acta carsologica, V/5. Ljubljana, 1970a.

Habič P. Pološka jama—najgloblja v Jugoslaviji.—Naše Jame, 1970b, 12.

Halliday W.R. Caves of Washington. Olympia, Washington, 1963.

Hanwell J., Newson M. Techniques in physical geography. Basingstoke and London, 1973.

Heinsalu Ü. Kostivere karstiaala. Карстовый участок Костивере (резюме).—Ежегодник Общества естествоиспытателей при АН ЭССР, 1958a, т. 51.

Heinsalu Ü. Maa-alused jõed ja nende avaldusvormid.—Eluta looduse kaitse. Tallin, 1958b.

Hellden U. Limestone solution intensity in a karst area in Lapland, Northern Sweden.—Geografiska Annaler, 54, ser. A., 1973, 3–4.

Helldén U. Karst. En studie av Artfjällets karstområde samt jämförande korrosionsanalyser från Västspetsbergen och Tjeckoslovakien. Lund, 1974.

Hendrickson G.E., Krieger R.A. Geochemistry of natural waters of the Blue Grass Region, Kentucky. Washington, 1964.

Hipman P. Expedice do krasových oblastí severní Itálie.—Slov. Kras., roč. 14, 1976.

Homza Š., Raiman L., Roda Š. Vznik a vývoj krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne.—Slov. Kras, roč. 8, 1970.

Hromas J., Hýsek J. Česká jeskyně v Rumunsku.—Českosl. Kras, roč. 24, 1972. Praha, 1973.

Int. Spel.—73—International Speleology 1973. Proceedings of the 6th International Congress of Speleology. Praha. I, 1975; II, 1976; III, 1976; IV, 1976; V, 1977; VII, 1977.

International Symposium on Karst-hydrology, vol. I–II, Budapest, 1978.

Jakál J. Morfológia a geneza Dobšinskej ľadovej jaskyne.—Slov. Kras, roč. 9, 1971.

Jakál J. Kras Silickej planiny. Lipt. Mikuláš, 1975.

Jakucs L. Offene Fragen der morphogenetischen Deutung nach Plateauniveaus des Karstformschatzes des Nord-Borsoder Karstes.—Acta geogr., t. VIII, fasc. 1–5. Szeged (Hungaria), 1968.

Jakucs L. Aggtelek. Budapest, 1975.

Jakucs L. Genetic types of the Hungarian karst.—Karszt és Barlang, Spec. Issue. Budapest, 1977a.

Jakucs L. Morphogenetics of karst regions. Budapest, 1977b.

Janáčik P. K zásadám a metodike spracovania katastru a mapy krasu Slovenska.—Slov. Kras, roč. 6, 1965–1966, Lipt. Mikuláš, 1968.

Jennings J.N. Karst of the seasonally humid tropics in Australia.—Probl. of the karst denudation. Brno, 1969.

Jennings J.N., Sweeting M.M. Underground breach of a divide at Mole Creek, Tasmania.—Austral. Journ. Sci., 1959, vol. 21, N° 8.

Jennings J.N., Sweeting M.M. The limestone ranges of the Fitzroy Basin, Western Australia. Bonn, 1963a.

Jennings J.N., Sweeting M.M. The Tunnel: a cave in the Napier Range, Fitzroy Basin, W. Australia.—Trans. Cave res. group Great Britain, 1963b, vol. 6, N° 2.

Karst. Important Karst Regions of the Northern Hemisphere (Edit. by M. Herak and V.T. Stringfield). Amsterdam—London—New York, 1972.

Kopš J., Stehlík V. Koněpruské jeskyně u Berouna. Praha, 1962.

Kosack H.P. Die Verbreitung der Karst- und Pseudokarsterscheinungen über die Erde.—Peterm. Geogr. Mitteil., 96 Jg., 1952, 1 Quartalsh.

- Kosidowski Z. Rumaki Lizipa i inne opowiadania. Warszawa, 1974.
- Kosmowska-Suffszyńska D. O genezie polji "krasowych" na podstawie badań w Jugosławii.—Przegląd Geograficzny, 1967, t. 39, z. 3.
- Kowalski K. Jaskinie Polski. Warszawa, I, 1951; II, 1953; III, 1954.
- Kowalski K. V najhlbšej jaskyni sveta.—Slov. Kras, roč. 2, 1957—1958. Lipt. Mikuláš, 1959.
- Krasoń J., Wójcik Z. Cłęboki kras synkliny bolesławieckiej w Sudetach.—Acta geol. Polon., 1965, vol. 15, № 2.
- Kuczyński M. Czeluść. Warszawa, 1972.
- Kunaver J. The high mountainous karst of the Julian Alps in the system of Alpine Karsts.—Europ. region. conf. IGU. Symposium on Karst-Morphogenesis. Budapest—Aggtelek, 1971.
- Kunský J. Kras a jeskyně. Prague, 1950.
- Kužvart M., Neužil J. Příspěvek k poznání drobných krasových jevu na území Guinejské republiky.—Českosl. Kras, roč. 17, 1965.
- Largest cave system of the Czech Socialist Republik in the Moravsky kras (Moravian Karst). Brno, 1973.
- La Valle P. Some aspects of linear karst depression development in South Central Kentucky.—Annals of the Assoc. of Amer. Geogr., 1967, vol. 57, № 1.
- Lehmann H. Sierra de los Organos, Cuba. Intern. Karst-Atlas, Bl. 1, Beil. "Zeitschr. Geomorph.", 1960, Suppl. Bd. 2.
- Limestone geomorphology: a study in Jamaica.—Journ. of the British Spel. Assoc., Cave Science, 1969, vol. VI, № 43—44.
- Lowry D.C., Jennings J.N. The Nullarbor karst Australia. Zeitschr. f. Geom. Berlin—Stuttgart, 1974, Bd. 18, H. 1.
- Martel E.A. Les Abîmes. Les eaux souterraine, les cavernes, les sources, la spéléologie. Paris, 1894.
- Martel E.A. Nouveau traité des eaux souterraines. Paris, 1921.
- Martel E.A. Le drame du gouffre Bertarelli.—La Nature, 1926, № 2704.
- Martel E.A. Les Causses Majeurs. Millau, 1936.
- Maurin V., Zötl J. Die Untersuchung der Zusammenhänge unterirdischer Wässer mit besonderer Berücksichtigung der Karst-verhältnisse.—Beitr. z. Alpenen Karstforsch., H. 12. Wien, 1960a.
- Maurin V., Zötl J. Karsthydrologische Aufnahmen auf Kephallenia (Ionische Inseln).—Steirische Beitr. z. Hydrogeol., Jg. 19606, H. 1, Graz.
- Mazur E. a kol. Slovenský kras. Regionálna fyzickogeografická analýza (Geogr. práce, roč. II, č. 1—2, 1971). Bratislava, 1973.
- McGrain P., Crawford Th. J. A physiographic and stratigraphic profile in Kentucky—Lexington to the Mammoth Cave Region. Lexington, Kentucky, 1960.
- Minvielle P. W głąb ziemi. Warszawa, 1972.
- Miotke F.D. Karstmorphologische Studien in der glazial-überformten Höhenstufe der "Picos de Europa", Nordspanien. Hannover, 1968.
- Miotke F.-D., Palmer A.N. Genetic relationship between caves and landforms in the Mammoth Cave National Park area. Hannover, 1972.
- Mitter P. Geomorfológia Muránskej planiny a Švermovského hrdla.—Slov. Kras, roč. 13, 1975.
- Monroe W.H. Geology of the Manati quadrangle Puerto Rico. Washington, 1962.
- Monroe W.H. Evidence of subterranean sheet solution under weathered detrital cover in Puerto Rico.—Probl. of the karst denudation. Brno, 1969.
- Moore G.W., Nicholas B.G. Speleology. The Study of Caves. Boston, 1964.
- Motts W.S., Cushman R.L. An appraisal of the possibilities of artificial recharge to ground-water supplies in part of the Roswell Basin, New Mexico. Washington, 1964.
- Nader I.A. Shanidar cave, Irbil liwa, Iraq.—Cave Notes, 1962, vol. 4, № 4.
- Narbutas V. Karstiniai reiškinių Lietuvoje. Vilnius, 1958.
- Naše Jame, 10/1968, 1—2. Ljubljana, 1969.
- Naše Jame, 16. Ljubljana, 1974.
- Núñez Jiménez A., Panos V., Stelcl O. Carsos de Cuba. La Habana, 1968.
- Núñez Jiménez A., Panoš V., Štelcl O. Typen des tropischen Karstes auf Kuba. Praha, 1969.
- Orghidan N. Merkwürdige strukturelle Karstformen in der Dobrudscha.—III Int. Kongr. Speläol., Bd. II, Sekt. I. Wien, 1963.
- Orghidan T., Pușcariu V., Bleahu M. e.a. Harta regiunilor carstice din România. Lucrările Institutului de Speologie "Emil Racovița", t. IV. București, 1965.
- Panoš V., Štelcl O. Karbonátové kúry a povlaky na vápencích ve střídavé vlhkém tropickém podnebí Kubu.—Českosl. Kras, roč. 19, 1967. Praha, 1968a.
- Petrovič J. Osnovi speleologije. Beograd, 1968.
- Příbyl J. Paleohydrography of the caves in the Moravský kras (Moravian Karst). Brno, 1973a.
- Příbyl J. Výzkum jižní krasové nížiny Kuby.—Spel. vestn., 2. Brno, 1973 6.
- Proc. 7ISC-77—Proceedings of the 7th International Speleological Congress. Sheffield, 1977.

Pulina M. Zjawiska krasowe w Sudetach. Inst. Geograf. Polska Akad. Nauk, Warszawa, 1965.

Pulina M. Zjawiska krasowe we Wschodniej Syberii. Warszawa, 1968.

Pulina M. Denudacja chemiczna na obszarach krasu węglanowego. Polska Akad. Nauk. Prace Geograficzne № 105. Wrocław, 1974.

Pulina M. Uwagi o zjawiskach krasowych w południowej części Spitsbergenu. Kras i speleologia, t. 1/10, Katowice, 1977 (Prace naukowe Uniwersytetu Śląskiego № 185).

Quinlan J.F. Classification of karst and pseudokarst types: a review and synthesis emphasising the North American literature, 1941–1966.—Paper, 123rd Meeting of Amer. Assoc. Adv. Sci., Sympos. on 25 Years of Amer. Spel., 1966.

Quinlan J.F. Central Kentucky Karst. Actes de la Réunion Int. Karstologie Languedoc-Provence 8–12 juillet 1968. Etudes et travaux de Méditerranée, 1970, № 7.

Quinlan J.F., Ford D.C. Karst map of Canada, 1973.

Racoviță G. Sur la corrélation entre l'évolution du climat et la dynamique des dépôts souterrains de glace de la grotte de Scărișoara.—Trav. Inst. Spéol. "Émile Racovitza", t. 11. Bucarest, 1972.

Radinja D. Zakrasevanje v Sloveniji v luči celotnega morfogenetskega razvoja.—Geogr. zb. Acta geogr., 13. Ljubljana, 1972.

Rajman L., Roda Š., Klincko K. Možnosti speleoklimatickej terapie v Gombaseckej jaskyni. Lipt. Mikuláš, 1971.

Roglić J. Les poljé de karst dinarique et les modifications climatiques du quaternaire.—Revue Belge de Géogr., 88 année, 1964, fasc. 1–2.

Roglić J. The depth of the fissure circulation of water and the evolution of subterranean cavities in the Dinaric Karst.—Probl. of the spel. research. Prague, 1965.

Rubín J. Nejhlubší rumunská propast' ovitá jaskyně Tăușoare.—Českosl. Kras, roč. 23, 1971. Praha, 1972.

Rusu T. La genèse et l'évolution du réseau hydrographique des monts Pădurea Craiului.—Livre du cinquantenaire de l'Inst. Spéol. "Émile Racovitza". Colloq. Nat. de Spéol. București-Cluj 2–11 oct. 1971. București, 1973a.

Rusu T. L'évolution des vallées karstiques des monts Pădurea Craiului.—Trav. Inst. Spéol. "Émile Racovitza", t. 12. Bucarest, 1973b.

Rusu T. La depression de capture karstique de Pusta Gălățea (monts Pădurea Craiului).—Trav. Inst. Spéol. "Émile Racovitza", t. 14. Bucarest, 1975.

Rusu T., Bleahu M., Dan J., Mantea G. Cercetări de morfologie carstica in

Groapa de la Barsa (Munții Bihorului).—Studii și cercet. de geol. geogr., Acad. R. P. R. Fil. Cluj. An. 8, 1957, № 3–4.

Sekyra J. K problematice krasu Středni Asie.—Českosl. Kras, roč. 16, 1964, Praha, 1965.

Sencu V. Peșterile Comarnic și Popovat. București, 1972.

Siffre M. Dans les abîmes de la terre (print. in the F.R.G.), 1975.

Šilar J. Zur Morphologie und Entwicklung des Kegelkarstes in Südchina und Nordvietnam.—Peterm. Geogr. Mitteil., 107 Jg., 1963, 1 Quartalsh.

Šilar J. Kras a speleologie ve státu Missouri, USA.—Českosl. Kras, roč. 22, 1970. Praha, 1972.

Šišák J. Vodné zdroje Rožňavského okresu a možnosti ich využitia. ("Geogr. prace", roč. IV, č. 1–2). Bratislava, 1974.

Skřivánek F. Geological and geomorphological investigation of the system of caves and chasms Antro del Corchia, Italy.—Summaries of lectures Int. Conf. of Spel. Brno, 1964.

Skřivánek F. Kvádrový kras "Clare area" v Západním Irsku.—Slov. Kras., roč. 6, 1965–1966. Lipt. Mikuláš, 1968.

Skřivánek F., Rubín J. Caves in Czechoslovakia. Prague, 1973.

Smith D.I., Drew D.P. Limestone and caves of the Mendip Hills, 1975.

Speleologia, 1967, t. III, № 1; 1971, t. VI, № 1–2; 1975, t. VIII, № 2. Warszawa.

Speleologický věstník, 5. Brno, 1976.

Stehlík V., Kůnský J. Macocha a Moravský kras. Praha, 1961.

Štelcl O. Typy krasu Českých zemí.—Českosl. Kras, roč. 23, 1971. Praha, 1972.

Štelcl O., Vlček V. Výzkum největšího jeskynního systému v ČSR.—Slov. Kras, roč. 12, 1974.

150 let Postojnske jame, 1818–1968. Postojna, 1968.

Sunartadirdja M.A., Lehmann H. Der tropische Karst von Maros und Nord-Bone in SW-Celebes (Sulawesi).—Int. Beitr. z. Karstmorphol. Zeitschr. Geomorph., 1960, Suppl. Bd. 2.

Sweeting M.M. The landforms of North-West County Clare, Ireland.—Transactions and Papers, 1955, Publ. № 21.

Sweeting M.M. The karstland of Jamaica.—Geogr. Journ. vol. 124, part 2, June 1958.

Sweeting M.M. The caves of the Buchan area, Victoria, Australia.—Int. Beitr. z. Karstmorph. Zeitschr. Geomorph., 1960, Suppl. Bd. 2.

Sweeting M.M. The weathering of limestones. With particular referens to the carboniferous limestones of Northern England.—Orr. из Essays in Geomorph. London, 1966.

Sweeting M.M. Karst landforms. London and Basingstoke, 1972.

Tazieff H. W jaskiniach Pierre Saint-Martin. Warszawa, 1959.

Tell L. La bela subtera mondo. La Laguna de Tenerife, 1959.

Tell L. Karstförekomsteri Sverige. Norrköping, 1973.

Tell L. Lummelundagrottorna. Norrköping, 1974.

Tell L. Fifty typical swedish caves. Norrköping, 1976.

Torii H.S. The Hûrendô caves of Kyûshû, Japan.—Cave Notes, 1961, vol. 3, № 3.

Tratman E.K., edit. The caves of North-West Clare, Ireland. Newton Abbot (1968?).

Tricart J.O. Karst das vizinhancas septentrionalis de Belo Horizonte (Minas Gerais).—Rev. brasilé geogr., 1956, 18, № 4.

Trombe F. Traité de spéléologie. Paris, 1952.

Verstappen H.Th. Karst morphology

of the Star Mountains (Central New Guinea) and its relation to lithology and climate.—Zeitschr.f.Geomorph., 1964, Bd. 8, H. 1.

Verstappen H.Th. The state of karst research in Indonesia.—Probl. of the karst denudation. Brno, 1969.

Waltham T. Caves. New York, 1974.

Warwick G.T. British caving regions.—Chapt. V of British Caving. London, 1953.

Warwick G.T. Dry valleys of the Southern Pennines, England.—Erdkunde, 1964, Bd. 18, H. 2.

White W.B., Haman J.F., Jefferson G.L. Note on the mineralogy of Cueva del Guacharo.—Bol. de la Soc. Venezol. de Cienc. Natur., t. 25, № 106. Caracas, 1963.

White W.B., Watson R.A., Pohl E.R., Brucker R. The Central Kentucky Karst.—Geogr. Rev., 1970, vol. 60, № 1. New York.

Wit K., Ziemońska Z. Hydrografia Tatr Zachodnich. Kraków, 1960.

Zötl J. Die Hydrographie des nordostalpinen Karstes.—Stéirische Beitr.z.Hydrogeol. Jg. 1960/61, H. 2. Graz, 1961.

Именной указатель

- Абдужабаров М.А. 55, 62, 63
Абсолон К. 141
Агашков В.И. 37
Агошков А.К. 152
Агбальянц Э.А. 67
Алексеев В.Р. 78
Алимов А. 55, 62, 67, 68
Альбов С.В. 38, 42
Андра Х. 33
Апостолук В.В. 23
Аргентов К.И. 55, 59, 60
Арипов К.Р. 59
Арманд Д.Л. 57
Арсеньев В.К. 83
Астахов Н.Е. 149
Атаджанов И.И. 55
Атаев П.А. 55, 57, 61
- Бадер О.Н. 32, 35—37
Балаж Д. 150, 154, 162, 164
Балков В.А. 23
Барков А.С. 32, 41, 158
Барович В.В. 133, 135, 141, 147
Бауэр Ф. 113
Бёгли А. 112, 114
Безвесильный Е.В. 146
Белюкас К.К. 25
Беляк В.И. 77—79
Бернар О. 155, 156
Берсенев Ю.И. 84
Бирштейн Я.А. 32, 51
Бишоп С. 170
Благоволин Н.С. 80, 82
Блашак М. 103, 105
Блещунов А.В. 54
Бляху М. 124, 125
Бобрин В.Д. 78
Бобров Е.Т. 83
Богатков Н.М. 84
Богданович Д. 63
Большаков П.М. 67, 77, 79
Боруцкий Е.В. 51
Браиловский С.Н. 83
Буачидзе И.М. 42, 51
Буйярд Г. 150
Булдаков Б.А. 91, 92
Бурачек А.Р. 63
Буркар Ж. 108
Бутырина К.Г. 28
Бушинский Г.И. 84
Быстрицкий Й. 116
Бяков Ю.Я. 108
- Варсанофьева В.А. 28
Васильев Б.В. 34
Васильев М.А. 47
Вахрушев Г.В. 28, 34
- Вебер В.Н. 55
Велькович М. 142, 147
Виноградов Ю.Б. 62
Владимиров Л.А. 47
Воейков А.И. 133, 142
Войлошников В.А. 78
Вологодский Г.П. 79, 80
Вуйчик З. 103, 105, 121
- Гаврилович Д. 135, 141, 142, 156
Газизов М.С. 33, 73
Галактионов В.В. 47
Гамалей Б.М. 33
Гаустов И. 47
Гвоздецкий Н.А. 5, 9, 11—13, 17, 19, 20, 24, 25, 27, 32—34, 37—39, 43, 44, 47, 48, 50—52, 54, 55, 57—63, 67, 72, 74, 76, 79, 80, 83, 86, 87, 97, 100, 104, 111, 113, 118, 124, 128, 132, 133, 135, 140, 143, 146, 148, 150—152, 154—156, 158, 160, 170, 178, 179, 182, 184, 187, 190
Гевирц М.Н. 34
Гедеонов А.А. 32
Геллер С.Ю. 67
Геллерт И.Ф. 18, 151, 152
Герак М. 132
Герасимов И.П. 67, 68, 156
Гергедава Б.А. 48
Гигинейшвили Г.Н. 48
Гладкий Ю.Л. 83
Глухов И.Г. 38
Гмелин И.Г. 77
Годлевский М.Н. 20, 31
Головцын В.Н. 38
Горбенко П.П. 23
Горбунова К.А. 20, 21, 28, 31, 34, 35, 38, 48, 81, 115, 135, 137, 140, 180
Григорьев А.А. 112
Гросс С.С. 46
- Давыдова М.И. 26
Данеш И. 160
Данов А.В. 63
Дахнов В.Н. 33
Дейвиес В.Е. 168, 170
Дейвис У.М. 133, 172, 177, 178
Демин Л.В. 84
Дербек Ф.М. 83
Дзенс-Литовский А.И. 31, 33, 38, 59, 63, 66, 81
Динич Й. 142
Добрынин Б.Ф. 128, 130
Долгушин И.Ю. 82
Доленко Г.И. 67
- Донеа М. 106
Дриго Л.Н. 66
Дроппа А. 117—119, 122
Дрю Д.П. 91
Дублянский В.Н. 6, 31, 38—41, 50, 107
Дубовик В.Н. 34, 36
Дубянский А.А. 21, 30
Душевский В.П. 41
Дядюченко Л. 57, 59, 61
Дьячков А.Б. 73
- Егоров С.В. 180, 182, 184, 189
Ежов И.Н. 26
Ежов Ю.А. 32
Елисеев В.Г. 26
Енцов И.И. 90, 146, 154, 158, 166, 189
Еременко Н.М. 43, 44, 47
Ермолаев М.М. 7
- Жапарханов С.Ж. 73
Жез Б. 109, 156
Жучкова В.К. 30
- Заградничек М. 98
Зайцев И.К. 38, 55, 83, 84
Занин Ю.Н. 79
Зенгина С.М. 38
Зигер Р. 7
Зубашенко М.А. 30, 47, 152, 153
Зуев А.В. 77
Зяпков Л. 143
- Иванов Б.Н. 30, 38, 42, 140
Иванчук П.П. 71
Игнатъев В.И. 21
Игнатъев Г.М. 165, 166
Илюхин В.В. 40, 46, 50, 58
Ильин А.Н. 32, 146
Исаев Д.И. 60
- Йакал Й. 116
- Кавеев М.С. 28
Кавецкис М.А. 25
Кадик О. 124
Казанбиев М.К. 47, 48
Каландадзе А. 51
Канаев Л.А. 62
Каплин П.А. 165
Карпова В.П. 23
Кастере Н. 93, 94, 106, 107, 155, 159
Кастере Э. 155
Качковский И.В. 22

- Качурин С.П. 80
 Каштанов С.Г. 28
 Квинлен Дж.Ф. 17, 167, 171
 Керекас И. 124
 Кикнадзе Т.З. 43, 48
 Кимбер В.Б. 46
 Кипиани Ш.Я. 48
 Кирюхин В.А. 84
 Клевцов И.А. 30
 Клейнер Ю.М. 71, 149
 Климов Г.И. 83
 Климчук А.Б. 58, 65
 Ковальский К. 121
 Коврижных Е.В. 23
 Козак Г.П. 5
 Козлов В.В. 149, 154
 Козменко А.С. 26, 33
 Коллинз Ф. 170
 Колодяжная А.А. 19, 48
 Колосков П.И. 68
 Коман Д. 124, 125
 Комарова И.И. 80
 Конрад Г. 156
 Корбель Ж. 43, 75, 85—87, 90, 105, 107—109, 113, 133
 Кореневский С.М. 38
 Корженівський Б.О. 31
 Коржуев С.С. 80—83
 Короткевич Г.В. 33, 38, 59, 66, 81
 Костарев В.П. 34, 35, 74, 77, 79, 83
 Костин П.А. 43, 47
 Котарба А. 10
 Котцов М.А. 46
 Красненков Р.В. 30
 Крейтер А.А. 63
 Кригер Н.И. 97, 115
 Кротова Е.А. 34, 172
 Крубер А.А. 7, 12, 26, 38
 Крюков А.С. 74
 Куделин Б.И. 23
 Кудряшов И.К. 28, 33—35
 Кузнецов И.Г. 44, 46, 47
 Кузнецов Ю.Я. 63, 67—69
 Куларатнам К. 154
 Кучерявых В.И. 61, 65
 Кучиньский М. 179
 Кэлл Э. 170
 Кюизинье Л. 18, 152
 Лаптева Н.Н. 21, 28
 Лебедев А.П. 33
 Лебедев В.Г. 151, 152
 Левен Я.А. 55, 57
 Леворсен А.И. 189
 Левушкин С.И. 32, 66
 Левыкин В.В. 33
 ЛеГранд Г.Е. 168
 Лекух З.В. 65
 Лепехин И.И. 29
 Лилиенберг Д.А. 47
 Линднер Ф. 131
 Линней К. 88
 Лисицина Н.А. 73
 Ломаев А.А. 30
 Ломоносов М.В. 8
 Лубан М. 106
 Луис Г. 148
 Лукин В.С. 21, 32
 Лундквист Э. 163
 Луппов Н.П. 67, 68
 Лушников Е.А. 28, 34
 Лыкошин А.Г. 32, 52
 Любин В.П. 51
 Ляхницкий Ю.С. 45, 46
 Магомедов К.К. 48
 Мазур Э. 116
 Макеев П.С. 55
 Максимович Г.А. 8, 14, 15, 20, 21, 25, 28, 33—35, 46, 66, 74, 77, 79, 83, 90, 97, 108, 115, 125, 129, 131, 132, 135, 143, 146, 151, 152, 154—160, 163—166, 187—189
 Максимович Е.Г. 180, 186
 Малков С. 46
 Маматкулов М.М. 55, 59, 65
 Маматов А. 63
 Мареско Г. 158
 Маринин А.М. 10, 74—76
 Маркова О.Л. 23, 24
 Мартель Э.А. 7, 90, 91, 93, 94, 113, 128, 129, 132, 143, 155, 191
 Мартин В.И. 21, 24, 28, 34
 Мартонн Э. 7
 Маруашвили Л.И. 14, 42, 48, 51
 Матео Х. 13, 182, 184
 Махаев В.Н. 83
 Машбиц Я.Г. 179
 Мгеладзе К.Г. 48
 Мелешин В.П. 42
 Мелива А.М. 42, 51
 Меншинг Х. 155
 Мессершмидт Д.Г. 77
 Милоевич С.М. 133, 141
 Мильков Ф.Н. 26, 30
 Мирзаев К.М. 79
 Михайлов В.А. 122—124, 127
 Михайлова Е.В. 33
 Михно В.Б. 20, 30
 Молоков Л.А. 47, 51, 154
 Молчанов Ю.А. 83
 Морозов Л.Н. 31
 Моташ К. 124
 Мотль М. 124
 Мужчинкин Ф.Ф. 55
 Мурадов Н.Г. 53
 Мурзаев Э.М. 152—154
 Мусин А.Г. 28, 48, 75
 Мушкетов Д.И. 55
 Нарчемашвили О.В. 154
 Небель Ю. 96
 Немчинова Е.Е. 67, 68
 Нико Ж. 108, 133, 135, 143
 Николаев Н.И. 124
 Николишин В.П. 38
 Никольская В.В. 84
 Новак Д. 180
 Нуньес Хименес А. 180, 181, 184, 189
 Овчинников А.М. 38, 52
 Окладников А.П. 58, 63
 Окроджанашвили А.А. 48
 Олли Е.И. 50, 55, 56, 59
 Оссовский Г.О. 103
 Осокин И.М. 79
 Ощепков Ю.С. 79
 Падалко О.В. 46
 Палиенко Э.Т. 53
 Паллас П.С. 74, 77
 Палоц Г. 156
 Пармузин Ю.П. 74, 79, 80, 82
 Парфенюк С.Ф. 31
 Пастухова М.В. 73
 Паукер Н.Г. 73
 Пенчев П. 143
 Петрова Н.А. 78
 Петрович Д. 141, 142
 Петрович Й. 141, 142
 Петрушевский Б.А. 53
 Печеркин И.А. 32, 60
 Пикулькин С.С. 40
 Пламеневский Л.Н. 47
 Плотников Н.И. 67
 Покорный Е. 103
 Пологинов Б.Б. 73
 Поляков В.Г. 69, 71
 Поп Г. 125
 Попов А.Б. 79
 Попов А.И. 80
 Попов В. 143
 Попов И.В. 8, 19, 32, 34, 35
 Попов М.Г. 55
 Пославская О.Ю. 62, 63, 67
 Поспелова Г.В. 34
 Потапова Г.М. 67, 72
 Пресняков И.И. 37
 Пуаре Ж. 167
 Пулина М. 19, 43, 194
 Пупко В.И. 46
 Пушкариу В. 124
 Радугин К.В. 77, 79
 Ранов В.А. 54
 Рассел У.П. 189
 Рацек В.И. 58

Рейс В.Е. 55
 Робинсон В.Н. 47
 Роблес -Рамос Р. 179
 Рогожников В.Я. 58
 Родионов Н.В. 30—32, 35, 47
 Ротко М.А. 53
 Русаков М. 72
 Русанов Б.Д. 152

Сабельников А.М. 75
 Сабо Л. 124
 Сабо П.З. 126, 128, 146
 Сабуров Д.Н. 23
 Саваренский И.А. 19
 Саваренский Ф.П. 8
 Савчин М.П. 22
 Салимов В.Г. 40
 Свидзинский С.А. 31
 Свитинг М.М. 7, 8, 17, 87, 90, 175
 Секира И. 62
 Селивановский Б.В. 28
 Семихатов А.Н. 31
 Сифр М. 108, 110, 147, 154, 174
 Славин В.И. 148
 Сладкопевцев С.А. 73
 Смирнова Е.Д. 34
 Смит Д.И. 91, 185
 Смольников Б.М. 31
 Соболев Н.Н. 25
 Соколов А.С. 154
 Соколов Д.С. 8, 12, 38, 41, 47, 51, 150, 154
 Соколов Н.И. 46, 48, 79, 81
 Солецкий Р. 148
 Соловьев Л.Н. 48
 Спиридонов А.И. 20, 27
 Стефанович Я.В. 83
 Стотланд А.Б. 58
 Ступишин А.В. 20, 21, 25, 28
 Сулиди-Кондратьев Е.Д. 149, 154

Abeele J.-P. 107
 Absolon K. 97
 Aley T. 173

Badini G. 130
 Balázs D. 150—152, 154, 162, 163
 Balbiano d'Aramengo C. 114
 Batsche H. 114
 Bauer F. 113, 114
 Birot P. 186
 Bleahu M.D. 124—126
 Bögli A. 9, 10, 111, 114, 133
 Bonet F. 180
 Bretz J.H. 169, 172, 173

Султанов З.С. 55, 61, 63
 Сумочкина Т.Е. 63, 67, 68
 Сысоев А.Д. 34

Телл Л. 87, 88
 Тимофеев Е.М. 35, 37
 Тинтилозов З.К. 6, 44, 48, 50—52
 Торсуев Н.П. 25, 26, 28
 Трантеев П.И. 143
 Трикар Ж. 188
 Триммель Г. 179
 Тупотилова А.Н. 74
 Тюрина И.М. 66, 91, 92

Уильямс П. 87
 Уоллейс Д. 148
 Уоллейс И. 148
 Устинова Т.И. 42

Федина А.Е. 60
 Федорович Б.А. 67, 70
 Ферсман А.Е. 8, 55, 57, 58, 60, 159
 Фиман И. 124, 125
 Фоменко В.Д. 59, 65
 Форд Д.К. 167, 168
 Фридланд В.М. 152

Хабе Ф. 137
 Хабера С. 97, 100, 115
 Халимов Р.Х. 62
 Хашимов М.А. 63, 65
 Хейнсалу Ю.Й. 33
 Хелден У. 87
 Ховей Г. 170
 Ходьков А.Е. 31
 Холидей У. 169, 174, 176, 189
 Хороших П.П. 74, 78, 83

Цвийич Й. 7, 12, 17, 40, 109, 113, 133, 135, 140—142

Brook G.A. 167
 Brown R.F. 169

Casteret N. 107
 Chabert C. 6, 89, 91, 92, 164, 165, 169, 172, 176, 188
 Coleman I.C. 92
 Conn H. 174
 Conn J. 174
 Conrad G. 156
 Corbel J. 11, 85—87, 89—93, 106—108, 111—113, 133, 141, 177, 179, 185—187
 Courbon P. 6, 89, 91, 92,

Цётл Й. 113
 Цыкин Р.А. 77—79, 82
 Цыкина Ж.Л. 77—79

Чангашвили Г.З. 48, 52
 Чермных В.А. 28
 Черняева К.П. 74, 75
 Черников С.С. 72
 Чикишев А.Г. 19, 24—26, 31, 34, 35, 37, 53—55, 65, 67, 69, 77, 79, 83, 84, 87
 Чихачев С.М. 63
 Чолаков Н.Т. 143
 Чуринов М.В. 38
 Чхеидзе В.З. 146

Шабо Ж. 160
 Шелковская Н.П. 34, 37
 Шербан М. 124, 125
 Шестов И.Н. 33
 Шилар Й. 152, 153
 Шлехта М. 98
 Шматков В.А. 20, 84
 Шмидль А. 132
 Шоллей А. 111
 Шренк А. 25
 Шурубор А.В. 33, 96, 173
 Шутов Ю.И. 38

Щербаков Д.И. 55, 57, 61
 Щербакова Е.М. 77
 Щукин И.С. 7, 10, 12, 16, 47, 63, 96, 135

Эйма М. 109

Юшкин Н.П. 28

Яблокова Н.Л. 65
 Якуч Л. 123, 124, 127, 183
 Якушова А.Ф. 25, 189
 Яначик П. 116
 Яцкевич З.В. 20, 31
 Ященко Р.В. 28

164, 165, 169, 172, 176, 188, 195
 Crawford Th.J. 169, 170, 172
 Cushman R.L. 174
 Cvijić J. 7, 9, 40, 94, 109, 133, 135, 140

Dan J. 125
 Davis W.M. 133, 163, 169, 170, 172, 177—179, 186, 187
 Deal D.E. 174
 Drew D.P. 91
 Droppa A. 109, 112, 116—120, 122
 Dubljanskij V.N. 37, 38

- Echevarria G. 185
 Engh L. 87
 Enrech F. 187

 Fernández Gutiérrez J.C. 129
 Fich J. 180
 Folsom F. 169, 170
 Font-Altaba M. 129
 Ford D.C. 167, 168, 180
 Forney G.G. 187
 Frank R.M. 186, 190

 Gams I. 114, 115, 132, 135–137, 139–141, 143
 Gavrilović D. 135, 141, 156
 Gerstenhauer A. 179, 186
 Gèze B. 107, 108, 111, 113, 147, 156, 164, 165
 Gilewska S. 103, 105
 Glazek J. 152
 Gospodarič R. 138, 139
 Gunn J. 164
 Gurnee R.H. 190
 Gvozdeckij N.A. 16

 Habe F. 133
 Habič P. 114, 135, 137
 Halliday W.R. 169, 176
 Hanwell J. 9
 Harasimiuk M. 105
 Harris S.E. 169, 172
 Hedges J. 172
 Heinsalu Ü. 25
 Helldén U. 85, 87
 Hendrickson G.E. 169
 Henkiel A. 105
 Hernanz A. 128
 Hipman P. 109, 114, 131, 136
 Homza S. 120
 Hromas J. 125
 Hýsek J. 125

 Jakál J. 119, 121
 Jakucs L. 9, 122–124, 127, 165, 183
 James J.M. 161
 Janáčik P. 115, 116
 Jennings J.N. 161–163

 Kermode L. 164, 166
 Klincko K. 147
 Kopš J. 97
 Kosack H.P. 5, 129, 149, 153, 155, 156, 158, 161, 162, 164, 186, 188

 Kosidowski Z. 148
 Kosmowska–Suffszyńska D. 135
 Kowalski K. 103, 105, 108, 121
 Krasoń J. 103
 Krieger R.A. 169
 Kuczyński M. 108
 Kunaver J. 115
 Kunský J. 97, 102
 Kužvart M. 158

 La Valle P. 169
 Lambert T.W. 169
 Laureti L. 130
 Lehmann H. 154, 180
 Lowry D.C. 162

 Mantea G. 125
 Martel E.A. 7, 93, 131, 132, 143
 Maurin V. 113, 114, 143
 Mazur E. 121
 McGrain P. 169, 170, 172
 Medville D. 176
 Miller T.E. 180
 Minvielle P. 92, 93, 131, 132, 170, 176
 Miotke F.D. 128, 169, 170
 Mistardis G. 142
 Mitchell R.W. 180
 Mitter P. 119
 Monroe W.H. 186
 Montoriol-Pous J. 129
 Moore G.W. 169
 Motts W.S. 174
 Muxart R. 185–187

 Nader I.A. 148
 Narbutas V. 25
 Neužil J. 158
 Newson M. 9
 Nicholas B.G. 169
 Núñez Jiménez A. 180, 181, 185

 Orghidan N. 124, 126

 Palmer A.N. 170
 Paloc H. 156
 Panoš V. 180, 183
 Pérez F.L. 187
 Petrović J. 129, 150, 156, 158
 Pisé J. 100
 Pfeiffer S. 96
 Přibyl J. 97, 189
 Pulina M. 77–79, 85, 103

 Quinlan J.F. 17, 167–170

 Racovitǎ G. 125
 Radinja D. 137
 Rajman L. 120, 147
 Reuter F. 96
 Roda Š. 120, 147
 Roglić J. 135, 140, 141
 Rubín J. 97, 101, 102, 117–120, 122, 125,
 Russel W.H. 180
 Rusu T. 124–126

 Sekyra J. 62
 Sencu V. 126
 Siffre M. 109, 154, 174
 Skřivánek F. 92, 97, 101, 102, 117–120, 122, 130
 Smith D.I. 91
 Stehlík V. 97
 Stellmack J.A. 176
 Sunartadirdja M.A. 154
 Sweeting M.M. 10, 11, 17, 90–92, 161–163, 169, 174, 186
 Szabo L. 124
 Szabó P.Z. 126

 Šilar J. 151–153, 173
 Šišak J. 119, 121
 Štelcl O. 97, 100, 180, 183

 Tazieff H. 106
 Tell L. 87, 164
 Torii H.S. 151
 Tratman E.K. 92
 Tricart J.O. 188
 Trombe F. 109

 Versey H.R. 186
 Verstappen H.Th. 154, 164
 Viehman V. 125
 Vlček V. 100

 Waltham T. 91, 143, 147, 148, 152–154, 159, 164
 Warwick G.T. 91
 Werner E. 176
 White W.B. 169, 170, 187
 Wit K. 121
 Wójcik Z. 103

 Ziemońska Z. 121
 Zöti J. 113, 114, 143

Предметный указатель

(основные и наиболее известные карсто- и спелеологические объекты)

Сокращения. Карстовые: депр. — депрессия, ист. — источник, оз. — озеро, пещ. — пещера, пол. — полье, пров. — провал, проп. — пропасть, шах. — шахта.

Абогыджэ (Абасиджете), пещ. 83
Абрскил, пещ. 51
Аггтелекская пещ. 122
Аггтелекский Карст 123, 124, 126
Аире, проп. 188
Айсризенвельт, пещ. 113, 196
Акка-До, пещ. 150
Акташский Пров. 20, 22, 32
Ак-Чункур, пещ. 58
Аманкутан, пещ. 58, 62
Антро-ди-Коркиа, проп. 130
Ану-Буссуй, проп. 155
Арман, проп. 93
Арройо, пещ. 180
Баумана, пещ. 96
Бахарденская пещ. 53
Беланска, пещ. 120
Бельямар, пещ. 184
Берже, проп. 108, 109, 111, 195
Бертарелли, проп. 132, 133, 136
Биакурен - До, проп. 151
Блу Спринг, пещ. 172, 173
Большая Баритовая пещ. 57, 61
Большая Орешная пещ. 78, 197
Брамабье, пещ. 93
Брежно, проп. 114
Бурниен, пещ. 108
Бычья Скала, пещ. 97
Вайтомо, пещ. 164
Веби - Джуба, карстов. р. 157
Ветреница, пещ. 141
Вечембюк, проп. 124
Виандотт, пещ. 172
Виньялес, долина (пол.) 181
Вит-Тамдун, пещ. 155
Воклюз, ист. 16, 108
Воронцовская пещ. 45, 46, 197
Ворсминская котловина 21, 23
Вынтулуй, пещ. 125
Гарма Сиэга - Сеягуа, проп. 129, 196
Гар - Паро, проп. 148, 196
Гейпинг - Джил, пещ. 91
Германа, пещ. 96
Г.Е.С.М. или Ойос - дель - Пилар, проп. 129, 195
Глава - Панега, ист. 144
Гомбасецкая пещ. 122, 147
Гринбрайер (Орган), пещ. 173, 177, 196
Гротта - Гиганте, пещ. 136
Груберхорнхеле, проп. 113, 196
Гуачаро, пещ. (Венесуэла) 187
Гуачаро, пещ. (Колумбия) 187
Дабарско пол. 135, 141
Дан - де - Кроль (Тру - дю - Гляз), пещ. 108, 111
Дан - Ир - Огоф, пещ. 91
Деменовские пещеры 118, 119
Джебель - Саикра, проп. 156
Джебель - Серди (Кайруан), проп. 156
Джевел, пещ. 173, 174, 196
Дженоленские пещеры 160, 166
Джобитцинай, пещ. 180
Дивья пещ. 35

Дикоозерская депр. 21
Димнице, пещ. - проп. 136
Динарский Карст 108, 133, 140, 142, 146
Добшинская пещ. 119
Домица, пещ. 122
Домица - Барадла, пещ. 122
Дрины, пещ. 117, 118
Дружба, пещ. 37
Ёркюприя (Чудните Мостове), естеств. мосты 145
Жан - Бернар, проп. 111, 195
Збравовская пещ. 103
Золушка, пещ. 22, 197
Изгил - Ланкастер, пещ. 91
Имотско пол. 141
Индио, пещ. 187
Итальянский Карст 131, 136, 195
"Каменный лес", карров поле 18, 152
Кан - и - Гут, пещ. 57, 61
Капова пещ. 35—37
Карлсбадская пещ. 173—175
Карлюкские пещеры 65
Качна - Яма, пещ. 131, 132, 135
Кель - Кетчхен, пров. 44
Кеф - Тикхубай, проп. 155
Киевская, проп. 57, 58, 62, 148, 196
Классический Карст 131—137, 142
Клямуз, пещ. 94, 95
Кокпит, область 180, 185, 186, 191
Колоссал - Кэйв, пещ. 176
Комарник, пещ. 126
Конепрусская пещ. 97
Конституционная пещ. 23
Коу, подземн. оз. 53
Крас (Карст), плато 131, 133, 134, 137, 138
Красная пещ. 40, 41, 197
Красный ключ, ист. 24
Крейвайс, пещ. 173
Кристалльная (Кривченская) пещ. 22, 31, 197
Кристалльная пещ. (Ф.Коллинза) 170
Кубинская, проп. 78
Кударо - Цонские пещеры 51
Кулогорская (Шаньгинская) пещ.
Кульна, пещ. 97, 101
Кумак, пещ. 165
Кунгурская пещ. 22, 28, 29
Кури - ля - Кокальер, пещ. 95
Лазурный грот 130
Лангедокский Карст 94, 95
Лангин (Ланквин), пещ. 180
Лапа - дос - Брежос, пещ. 189
Лапа - Нова ди Носса - Сеньора, пещ. 188
Ла - Плюма, пещ. 183—185
Леденика, пещ. 145
Ледяной ист. (Ледове Жрудло) 120, 195
Ленинградская пещ. 23
Ливаньско пол. 140, 141
Липишка Яма, пещ. 133, 136
Луммелунда, пещ. 87—89
Лур, пещ. 114
Лысанская пещ. 78
Любляницы р. истоки 139
Люта, ист. 108, 133

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ 213

- Магура, пещ. 144, 147
 Майруэлегоррета, пещ. 129
 Макрушинская пещ. 83, 84
 Малэймалэнг, пещ. 162
 Мамонтова пещ. (США) 169—173
 Мамонтова (Дахштейнская Мамонтова — Ёдль) пещ. 113
 Марка Твена, пещ. 173
 Матьенсо, депр. 129
 Мацоха, проп. 98, 100
 Ментуся, пещ. 121
 Микеле-Гортани, проп. 114, 196
 Мильпо, проп. 188
 Мира, пещ. 123, 147
 Младечска, пещ. 101
 Младечский Карст 101
 Млынки, пещ. 22, 197
 Монте Чукко, проп. 130, 196
 Моравский Карст 97—101, 146
 Мчишта, ист. 46, 52, 108 197
 Назаровская-Осенняя, проп. 45, 196
 На Помези, пещ. 101
 Ндули, пещ. 157
 Нефф-Каньон, пещ.-проп. 176
 Никшичко, пол. 135, 141
 Нио, пещ. 107
 Новая Пунковская пещ. 100
 Новоафонская пещ. 46, 48—50, 52
 Нотраньска Река, карстов. р. (б.ч. подземн.) 131—133, 135, 136
 Огоф-Ффинон-Дду, пещ. 91
 Одиссей-Кэйв, пещ.-проп. 161
 Озерная, пещ. 7, 22, 23, 196, 197
 Омаратинская пещ. 70
 Оми-Сенри-До, проп. 150
 Оптимистическая пещ. 7, 22, 196,
 Падирак, пещ. 94
 Пача-Матчай, пещ. 188
 Пердидос, пещ. 184
 Пиаджа-Белла, проп. 109, 110
 Пивка, карстов. р. (б.ч. подземн.) 132, 135, 137—139
 Планинская пещ. 132, 138, 139
 Планинско (е) пол. 132, 139
 Пляттенэкайскёле — Бергерхёле, проп. 113, 196
 Полнеголом—Полэлва, пещ. 92
 Полошка Яма, пещ. 114
 Попово пол. 141
 Портель, пещ. 107
 Постойнская пещ. 132, 137—139, 147
 Предъяма, пещ. 132, 137
 Приморский Великан, пещ. 84
 Пти-Пре, проп. 109
 Пунква, подземн. р. 98
 Пунквы, пещ. 98, 99
 Пьер-Сен-Мартен, проп. 106, 107, 195
 Райчова Дупка, проп. 143
 Рак, карстов. р. 135, 138, 139
 Ракова долина, пол. 12, 135, 139
 Ремушан, пещ. 92
 Рио-Иглесиа, пещ.-проп. 179
 Рио-Камуи, пещ. 186
 Рысник, пров. 135
 Сао Матеус — Имбира, пещ. 189
 Саранская, шах. 22
 Свилдон-Хоул, пещ. 91
 Сельминум-Тем, пещ. 164
 Сигалер, пещ. 106, 107
 Скадарское оз. 133, 141
 Словацкий Карст 116, 119, 121—124
 Слоупско-Шошувская пещ. 97—100
 Снежна, пещ.-проп. 120, 121
 Снежная, проп. 45, 47, 50, 195, 196
 Солдатская, проп. 40, 196
 Соляник, пещ. 84
 Сотано-де-Сан-Августин, пещ. -проп. 179
 Сотсбек, пещ. 87
 Соф Омар, пещ. 157
 Спанс, карстов. р. 85, 86
 Спасская пещ. 84
 Сплюга-делля-Прета (Прета), проп. 114,
 Тайос, пещ. 188
 Танталь, пещ. 113
 Тешикташ, пещ. 63
 Тимаво, ист. 131, 132
 Тогхобейт, проп. 155
 Тополница, пещ. 125
 Требичский грот, проп. 131, 136
 Тромба (система Тромба), пещ.-проп. 106,
 Уиндлоундская пещ. 157
 Уница, карстов. р. 138, 139
 Ушачка, пещ. 141
 Фатничко пол. 135, 141
 Фаур-Дара, проп. 149
 Флинт-Мамонтова, пещ. 22, 172, 173,
 Хазад-Дам, проп. 163
 Хан, пещ. 92
 Харвуд-Хоул, пещ.-проп. 164
 Хегаусский Аах, ист. 96
 Хёллох, пещ. 111, 112, 172,
 Цериккёль, оз. 46
 Цернишко пол. 139
 Церовацкие пещ. 140
 Цуцхвати, пещ. 51
 Черногорский Карст 141
 Чешский Карст 97
 Чильустунская (Куранбайата), пещ. 57,
 Шанидар, пещ. 148
 Шаорская котл. (пол.) 12, 45—47
 Шара, пещ. 155
 Шкоцианская пещ. 131—136
 Шпичакская (На Шпичаку) пещ. 101
 Шукатьенские пещ. 150
 Эгль-Нест, пещ.-проп. 161
 Экзит, пещ. 163
 Эспаррос, проп. 107
 Юн-Шуй-Тьюнг, пещ. 150
 Яворжичская пещ. 101, 102
 Яворжичский Карст 101, 102
 Яман-Елга, подземн. р. 21, 24
 Nan-sur-Lesse, пещ. 92
 Poll nagollum—Pollelva, пещ. 92

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
Глава I О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ОБЩЕГО КАРСТОВЕДЕНИЯ	7
Карстовые формы	9
Гидрологические объекты карстовых регионов	16
Классификация карста и вопрос о его районировании	—
Глава II КАРСТ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР И КАВКАЗА	19
Русская равнина	—
Урал	34
Карпаты и Прикарпатье	37
Крым	38
Кавказ	42
Глава III КАРСТ АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ СССР	53
Средняя Азия и Центральный Казахстан	—
Копетдаг и Памир	53
Горы восточной части Средней Азии с палеозойской складчатой основой	55
Туранская равнина	66
Равнины и низкогорья Центрального Казахстана	72
Сибирь и Дальний Восток	73
Алтай	74
Другие районы гор Южной Сибири	77
Приангарье	79
Другие районы Средней и Восточной Сибири	80
Дальний Восток	83
Глава IV КАРСТ ЗАРУБЕЖНОЙ ЕВРОПЫ	85
Северо-Запад	—
Средняя Европа	93
Пиренеи, Альпы, Карпаты и Среднедунайский бассейн	105
Южная, Средиземноморская Европа	128
Практическое значение карста Зарубежной Европы	146
Глава V КАРСТ ЗАРУБЕЖНОЙ АЗИИ	148
Глава VI КАРСТ АФРИКИ	155
Глава VII КАРСТ АВСТРАЛИИ И ОКЕАНИИ	160
Глава VIII КАРСТ АМЕРИКИ	167
Северная Америка	—
Южная Америка	187
Практическое значение карста Америки	189
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	191
ПРИЛОЖЕНИЯ	
Приложение № 1. Скорость химической денудации в областях карбонатного карста Европы, Азии и некоторых других.	194
Приложение № 2. Таблицы глубочайших карстовых полостей и круп- нейших пещер	195
ЛИТЕРАТУРА	197
ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ	208
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	212

Гвоздецкий Н. А.
Г25 Карст.—М.: Мысль, 1981.—214 с., ил.—(Природа
мира)

В пер.: 1 р. 70 к.

Книга известного советского географа и карстоведа Н. А. Гвоздецкого — оригинальное справочное издание, первый в мировой литературе труд о карсте всей Земли. В работе использованы материалы собственных исследований автора, выполненных им во многих карстовых областях СССР и зарубежных стран, а также обширная отечественная и зарубежная литература. Рассматриваются геологические и географические условия развития карста, связанные с ним гидрологические явления, поверхностные и подземные карстовые формы, показаны особенности географических ландшафтов карстовых областей. Много внимания уделено характеристике наиболее интересных пещер.

Г 20902-132 127-81
004(01)-81

551.0

На переплете: *на первой стороне —*
Добшинская пещера-ледник
в Чехословакии;
на четвертой стороне —
Останцы тропического карста
в бухте Халонг (СРВ) .
Останец тропического карста на
Кубе.
На форзаце:
Распространение карста на Земле.
На фронтисписе:
В венгерской пещере Мира

ИБ № 1497

Гвоздецкий Николай Андреевич

КАРСТ

Набор текста произведен в издательстве
"Мысль" на наборно-печатающем автомате.
Сдано в набор 03.10.79. Подписано в печать
20.04.81. А02554. Формат 70x108 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура "Сенчури".
Офсетная печать. Усл. печатных листов
18,90. Учетно-издательских листов 21,57.
Усл. кр.-отт. 62,3. Тираж 66000 экз.
Заказ № 2298. Цена 1 р. 70 к.

Заведующий редакцией
О. Д. КАТАГОЩИН

Редактор
Г. Е. МАТВЕЕВА

Редактор карт
Т. Г. БЕЛОВА

Младший редактор
Ю. С. МАКАРЕВИЧ

Оформление художника
Л. Ф. ШКАНОВА

Художественный редактор
А. И. ОЛЬДЕНБУРГЕР

Технический редактор
Л. В. БАРЫШЕВА

Корректор
Г. Б. АБУДЕЕВА

Оператор наборно-печатающего автомата
И. В. ВИТТЕ

Издательство "Мысль". 117071. Москва, В-71,
Ленинский проспект, 15.

Ордена Трудового Красного знамени Кали-
нинский полиграфкомбинат Союзполиграф-
прома при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книж-
ной торговли, г. Калинин, пр. Ленина, 5.



● Карбонатный карст

V Гипсово-ангидритовый карст

X Соляной карст (включая выщелачивание подземных залежей соли)

+ Тропический брадикарст в железистых кварцитах

1 р. 70 к.

КНИГОЙ "КАРСТ" ИЗДАТЕЛЬСТВО "МЫСЛЬ" ПРОДОЛЖАЕТ ВЫПУСК СПРАВОЧНЫХ ИЗДАНИЙ ПОД ОБЩЕЙ РУБРИКОЙ "ПРИРОДА МИРА". ЦЕЛЬ ИХ — ДАТЬ КОМПЛЕКСНОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О РАЗНООБРАЗНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССАХ, ЯВЛЕНИЯХ И ОБЪЕКТАХ, ОХАРАКТЕРИЗОВАТЬ ИХ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ВОЗДЕЙСТВИЕ НА НИХ ЧЕЛОВЕКА, ПОКАЗАТЬ ИХ ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ.

ГОТОВЯТСЯ К ИЗДАНИЮ "ВУЛКАНЫ", "ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ", "ПУСТЫНИ", "БЕРЕГА МОРЕЙ И ОКЕАНОВ" И ДРУГИЕ КНИГИ. ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЕ ЦВЕТНЫМИ ФОТОГРАФИЯМИ И РИСУНКАМИ, КАРТАМИ И СХЕМАМИ, ОНИ ПРИВЛЕКУТ ВНИМАНИЕ НЕ ТОЛЬКО СПЕЦИАЛИСТОВ, НО И ШИРОКИХ КРУГОВ ЧИТАТЕЛЕЙ.

ИЗДАТЕЛЬСТВО "МЫСЛЬ"
МОСКВА

